escuela politécnica superior de huesca

Universidad Zaragoza 1542

Trabajo Fín de Grado

Proyecto de una plantación de almendros en régimen semi-intensivo mediante implementación de riego deficitario controlado en el término municipal de Almudévar (Huesca).

Documento 1. Memoria y Anejos a la Memoria

Autor

Jorge Alastrué Azón

Director

José Casanova Gascón

Escuela Politécnica Superior
2017

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su ayuda incondicional.

A José Casanova Gascón, Antonio Boné Garasa y Javier Garcia Ramos por su ayuda e interés.

A Daniel Isidoro (miembro del CITA) por la información facilitada.

Documento 1:

Memoria y Anejos a la Memoria

ÍNDICE

MEMORIA

ANEJO 1: ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO 2: ANÁLISIS DE SUELO

ANEJO 3: ANÁLISIS DE AGUA

ANEJO 4: CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN

ANEJO 5: TECNOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN

ANEJO 6: PLAGAS Y ENFERMEDADES

ANEJO 7: RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO

ANEJO 8: DISEÑO AGRONÓMICO

ANEJO 9: NECESIDADES NUTRICIONALES Y FERTIRRIGACIÓN

ANEJO 10: DISEÑO HIDRAÚLICO

ANEJO 11: DISEÑO DEL ALMACÉN

ANEJO 12: MERCADO DE LA ALMENDRA

ANEJO 13: NECESIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO

ANEJO 14: ESTUDIO ECONÓMICO

BIBLIOGRAFÍA

Memoria

1. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es proyectar una plantación de almendros en régimen semi-intensivo mediante implementación de riego deficitario controlado en el término municipal de Almudevar (Huesca).
Para poder ejecutar dicho proyecto, la parcela ya dispone de un hidrante de riego pero se hace necesario el diseño del resto de la instalación de riego a nivel de parcela. También se hace necesaria la construcción de un almacén para guardar la maquinaria de la explotación y poder realizar el proceso de secado de la almendra tras la recolección.
El promotor ha optado por implantar un marco de plantación semi-intensivo para maximizar la producción, junto a la implementación de la técnica de riego deficitario controlado dado a las posibles futuras restricciones de agua de riego a lo largo de ciertas campañas.

La parcela a transformar se encuentra ubicada en el término municipal de Almudevar que dispone de una superficie de 201,5 Km^2, siendo la mayor parte de esta dedicada a la explotación agrícola. El municipio pertenece a la provincia de Huesca y se encuentra en la región de los Llanos de la Violada a 456 msnm.

El municipio está localizado a 18 Km de Huesca y 50 Km de Zaragoza, además, la situación de la parcela permanece a escasos kilómetros del núcleo urbano y de la autovía Mudéjar (A-23), por lo que estos motivos favorecen notablemente el acceso a la parcela para futuras operaciones de comercialización, manejo, etc.

Las coordenadas del municipio son:

- Latitud: 42º 01’ 10,8” N
- Longitud: 0º 36’ 19,1” W

La superficie total de la finca es de 21,67 hectáreas. Se trata de una única parcela situada en el siguiente paraje:

- Provincia: 22
- Municipio:27
- Polígono:504
- Parcela:95
- Recinto:1

Ilustración 1. Vista aérea de la parcela donde se ejecutará el proyecto.

La presente parcela en la que se ejecutará el proyecto es la que posee un fondo verde en la anterior figura, especificándose con mayor profundidad sobre las dimensiones de la misma en los planos de dicho proyecto.

2. Antecedentes

La finca se encuentra actualmente declarada como parcela de regadío dado a que está situada en la “zona verde” de regadíos del término municipal de Almudévar. Así mismo, la parcela dispone de un hidrante de riego, pero no presenta el amueblamiento de la red riego.
Dado a esta situación, en esta parcela se ha ido cultivando durante estos años cereal de invierno con unos rendimientos medios, pero dado a el interés del promotor por el cultivo del almendro dado a su actual rentabilidad económica, ha decidió implantar este cultivo precedido del amueblamiento de la red de riego de la parcela.
Previamente a la elaboración de dicho proyecto, se han recopilado los siguientes datos de estudios y análisis que tienen relevancia a la hora de la ejecución:

- Un estudio de la climatología de la zona, el cual se centra en el análisis de las variables meteorológicas que, de alguna manera influyen en los cálculos de necesidades de agua, tales como temperaturas, precipitaciones, humedad relativa, velocidad del viento para poder determinar la evapotranspiración, así como los periodos de heladas, de sequía y lluvia, los regímenes de temperaturas, etc.

- Un estudio general de suelos que determine sus características más relevantes.
- Un estudio del análisis del agua que se va a utilizar para el riego de la parcela y la determinación de la calidad, de la misma, para el riego.
- Cálculo de las dosis de agua de riego necesarias para el cultivo a implantar en la parcela.
- Diseño y distribución de la red de riego.

Todos estos apartados serán analizados y calculados en los anejos correspondientes.

3. Directrices del promotor

El propietario de la finca, antes de realizar el desarrollo de las posibles opciones que se puedan llevar a cabo en la finca, impone las siguientes condiciones:

- Toda la finca se transformara a riego por goteo.
- Se implantará una única variedad de almendro en la parcela, dado a que se tratará de evitar el escalonamiento de las actividades para de este modo agrupar cada actividad en una época concreta.
- No se plantea ningún problema de maquinaria para el cultivo del almendro puesto que el promotor dispone de gran parte de esta ya que es un cultivo arraigado a la zona y presente en todas explotaciones de la zona. En caso contrario, se procedería a la contratación de ciertas labores puntuales o incluso a la compra de maquinaria si la cantidad no es muy elevada.
- La comercialización del cultivo está garantizada, ya que como es un cultivo propio de la zona y la venta está asegurada tanto a cooperativas como a compradores particulares.

4. Condicionantes del proyecto

Se trata de las características del medio productivo, junto con otros factores que inciden directamente en el proyecto y en los resultados de la explotación.

Estos condicionantes harán que en el proceso de planificación se desechen unas opciones o se impongan otras.

Algunos de estos apartados, han sido analizados más extensamente en sus respectivos Anejos.

4.1. Condicionantes internos

4.1.1 Clima

Los datos climáticos para elaborar el clima han sido aportados por la estación meteorológica de Tardienta debido a su proximidad con la parcela, tratándose de una serie de datos tomada de 9 años, desde 2005 hasta 2013, siendo estos todos los datos que dispone la estación.

Además, para reforzar estos datos también se han extraído valores meteorológicos de la plataforma de Infraestructuras de Datos Especiales de Aragón (IDEARAGON) y de la Agencia Estatal de meteorología (AEMET) referentes a la estación meteorológica del aeropuerto de Huesca con datos referentes a periodos comprendidos entre 1943-2016 y 1981-2010.

Datos estaciones meteorológicas:

Estación meteorológica	Altitud (m)
Tardienta	361
Huesca	541

Tabla 1. Datos de las estaciones meteorológicas empleadas en el ensayo.

Los datos climáticos han sido analizados con mayor profundidad en el Anejo 1, pero a continuación se ha hecho un estudio generalizado.

Temperatura

En unos términos más generales podríamos afirmar que disponemos de un clima mediterráneo continental con las siguientes temperaturas:

- Temperatura media anual: 14-16 ºC.
- Temperatura media del mes más frio: 4ºC.
- Temperatura media del mes más caluroso: 22-25ºC.

Las temperaturas más frías se registran en los meses de Diciembre (4,2 ºC de media mensual) y Enero (4,9 ºC de media mensual).

Por lo contrario, las temperaturas más calurosas se registran en el mes de Julio (23,5 ºC de media mensual).

Con los datos obtenidos, llegamos a la conclusión que los inviernos poseen temperaturas frías, lo cual será positivo para el cumplimiento de las horas de frío del almendro.

Por el contrario, en verano existen altas temperaturas, pudiendo llegar a alcanzar temperaturas medias máximas mensuales de 37,2 ºC en el mes de julio.

Régimen de heladas

Según el estudio llevado a cabo desde el año 2005 hasta el 2014, el periodo con mayor duración de riesgo de heladas perteneció a la campaña del 2013-2014 (173 días) y el periodo con menor duración a la campaña de los 2007-2008 (101 días). Siendo estos valores reforzados con los valores obtenidos la plataforma IDEARAGON que indica unos 80 días de periodo de riesgo de heladas.

Horas de frío

Los valores de horas de frío obtenidos según los distintos métodos de estudio han sido los siguientes:

- Correlación de Weimberger: mayor de 1350 horas de frío.
- Correlación de Mota: 1.703,9 horas frío.
- Método de Tabuenca: 1.925,8 horas frío.

Pluviometría

En la zona de estudio las precipitaciones generalmente se producen en primavera y otoño.

El mes de Abril es el que presenta una mayor pluviometría con una media de 52,2 mm, seguido por Octubre con una media de 51,6 mm, en cambio, Agosto es el mes menos lluvioso, con una precipitación media de 14,1 mm. Estos meses presentan una gran variabilidad a lo largo de los años en los que algunos llueven mucho y en otros años no ha llovido nada. El mes con el mayor número de días de lluvia es Abril con una media de 8,5 días y el mes que presenta un menor número de días de lluvias es Agosto con 3 días.

En nuestro caso las precipitaciones no son suficientes por lo que habrá que aportar agua mediante el riego.

Humedad relativa

Es necesario conocer la humedad relativa para el cálculo de la ETo (Evapotranspiración del cultivo de referencia), y por lo tanto para el cálculo de la ETC (Evapotranspiración del cultivo), de este modo la ETC nos servirá para conocer las necesidades de riego.

Los valores de humedad relativa obtenidos desde año 2005 al 2014 han sido los siguientes:

- Humedad relativa media anual: 68,8%.
- Humedad relativa máxima anual: 98,4%.
- Humedad relativa mínima anual: 20,5 %.

Viento

Los vientos predominantes son el Cierzo y el Bochorno, con direcciones W-NW y E-SE respectivamente, siendo el Cierzo el que suele soplar con mayor frecuencia.

El periodo de calma es de 19,3 % y los valores de viento registrados según las distintas direcciones permanecen en la Tabla 22 del Anejo 1.

Radiación

Los valores de la irradiación media global y directa de Huesca para el periodo comprendido entre 1983 y 2005 según AEMET han sido de:

- Media global: 4,7 $Kw/m^2 \times dia$
- Media directa: 3,2 $Kw/m^2 \times dia$

ETo

Los valores de ETo han sido proporcionados por la Estación meteorológica de Tardienta que ha empleado el método de Penman-Monteith. Los valores medios para cada mes del estudio vienen recogidos en la siguiente tabla.

	Enero	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jn	Jl	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
ETo (mm)	31,8	48,9	84,6	110,1	154,2	179,2	212,8	184,8	120,1	73,6	40,4	27,2

Tabla 2. Valores mensuales de la ETo (mm) según la Estación meteorológica de Tardienta (Oficina del Regante, 2016).

Donde:

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/mes).

4.1.2. Suelo

Textura

Según la escala US Department of agriculture (USDA), las fracciones limo-arcilla-arena de nuestro suelo corresponden a una clase textural franca. Siendo los niveles de arena, limo y arcilla de:

- Arena: 46,1%
- Limo: 35,8%
- Arcilla: 18,1%

Esta textura no genera ningún inconveniente para el desarrollo del cultivo del almendro.

PH

Nuestro suelo es moderadamente básico – ligeramente alcalino ya que posee un valor > 8,2.

El pH se sitúa en niveles un poco elevados ya que este cultivo tolera niveles situados entre 5,5 a 9, de modo que aunque este no sea un problema a corto plazo, será preciso ir vigilando este parámetro y tratar de modificarlo.

Salinidad

El valor de la conductividad eléctrica hace que el suelo tenga una influencia inapreciable sobre el cultivo ya que este valor se sitúa en 0,2 dS/m.

Materia orgánica

Según la clasificación de Walkley–Black, el suelo tiene un bajo de materia orgánica ya que este valor es de 1,6 %.

Debido a los niveles bajos de materia orgánica realizaremos una enmienda orgánica al suelo con el fin de aumentar estos niveles previamente a la implantación del cultivo. Posteriormente, la fertilización se realizará atendiendo a las extracciones y los resultados obtenidos por este ensayo (corrigiendo los niveles de materia orgánica en función de las aportaciones realizadas).

Carbonatos

El suelo tiene un contenido muy alto en carbonatos, siendo este valor de 43 %.

Este alto nivel de carbonatos uno de los mayores problemas analizados en el estudio ya que generan a su vez un pH elevado, de este modo será conveniente tratar de reducirlo a corto plazo, aunque a priori no será un impedimento para el desarrollo del cultivo.

Caliza activa

Según nuestro análisis de suelo realizado disponemos de un nivel medio de caliza activa en el suelo, de modo que este parámetro no será un condicionante para el desarrollo del cultivo.

Fósforo asimilable

Según el método Olsen, el suelo tiene un nivel muy alto de fósforo asimilable ya que este valor se sitúa en 47 mg/kg.

Este alto nivel en fósforo asimilable habrá que tenerlo en cuenta a la hora de elaborar el programa de abonado, dado que el suelo dispone de alto contenido de este nutriente en sus reservas y solo deberemos aportar las extracciones realizadas por el cultivo.

Potasio de cambio

Según el análisis, el suelo tiene contenido de potasio alto, siendo el valor de 279 mg/kg.

Este alto nivel en potasio de cambio, al igual que con el potasio de cambio, solo deberemos aportar las extracciones realizadas por el cultivo.

4.1.3. Agua de riego

El agua con la que se abastece el hidrante presente en la parcela pertenece al Canal de Monegros. El análisis de hace referencia a una serie de muestras de estas aguas tomadas y analizadas por miembros del Centro de investigación y Tecnología agroalimentaria de Aragón (CITA).

Calidad de agua de riego

Para analizar la calidad del agua de riego se ha atendido principalmente a tres parámetros: salinidad, sodicidad y toxicidad.

- Los suelos afectados por sales son aquellos que presentan una acumulación de sales más solubles que el yeso, en concentración suficiente para interferir en el crecimiento de la mayoría de plantas no especializadas (suelos salinos). Su cuantificación se basa en una estimación indirecta del contenido de sales solubles del suelo a través de la medida de conductividad eléctrica (C.E).

  Consideraremos que un suelo es salino cuando el valor de conductividad del extracto acuoso del suelo sea mayor de 4 dS/m.

- La sodicidad muestra la influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo, afectando a la permeabilidad, estructura e infiltración del mismo.
  Nuestro suelo tiene un valor de relación de absorción de sodio (SAR) de 2,7, de modo que podemos afirmar que no existe riesgo de sodicidad, dado que no se aproxima al límite marcado de SAR=15.

- La toxicidad es un problema que se produce cuando determinados iones, absorbidos principalmente por las raíces, se acumulan en las hojas mediante la transpiración, llegando a alcanzar concentraciones nocivas.

Según el análisis llevado a cabo en el Anejo 3, no existe problema de toxicidad con los principales iones que suelen generar toxicidad (sodio, boro o cloro).

4.1.4. Otras clasificaciones

Dado a que nuestra agua tiene una dureza de ºF= 16,82, podemos afirmar que es un agua semiblanda, la cual es apta para el riego del cultivo del almendro.

Relieve

El relieve de la parcela es totalmente plano, lo cual facilitara todas las labores de manejo, riego y desarrollo del cultivo.

En los planos se pueden observar todos los detalles de la parcela.

4.2. Condicionantes externos

4.2.1 Comercialización

Actualmente, el precio de la almendra se sitúa a unos niveles muy altos (hasta 9 euros/kg en pepita durante l campaña del 2014 y 2015), lo cual ha suscitado en el sector agrícola un cultivo de gran interés desde el punto de vista económico ya que se han implantado numerosas nuevas plantaciones en los últimos años y ha echo que España pase a ser el segundo productor mundial de almendra tras Estados Unidos. Pero hay que ser conscientes que dichos precios no son los esperados a medio plazo ya que tenderán a estabilizarse a la baja debido a la ley de oferta y demanda.

Desde el punto de vista técnico para el manejo del cultivo, este aumento de nuevas plantaciones ha sido positivo debido que el cultivo ha pasado de zonas marginales a parcelas con un alto conocimiento técnico. Por el contrario, este aumento de producción tanto nacional como mundial, puede generar a medio plazo una caída del precio de este producto.

No obstante, están apareciendo nuevos mercados consumidores de almendras como China que puede generar un crecimiento paralelo de la producción junto al consumo. Se estudiará detalladamente el mercado de la almendra en el Anejo 12 del presente trabajo.

En principio, este producto será comercializado en la Cooperativa Comarcal del Campo Virgen de la Corona (Almudévar).

4.2.2. Mercado de materias primas

Las materias primas serán suministradas por la Cooperativa Comarcal del Campo Virgen de la Corona (Almudévar) dado a la cercanía de la parcela con esta y a la disponibilidad en este establecimiento de todo tipo de fertilizantes, insecticidas, fitosanitarios, etc.

4.2.3. Accesos

El acceso a la parcela se puede llevar a cabo por la autovía Mudéjar (A-23), o por medio del camino de "*Las Colladas*". En cualquier caso, existe un fácil acceso a la parcela tanto para el acceso de la maquinaria como para el acceso de camiones de cara a la comercialización del producto.

4.3.4. Condicionantes jurídicos

La posición jurídica en la finca es de régimen de propietario.

5. Características de la plantación

5.1. Elección varietal

Uno de los factores más importantes a considerar en una nueva plantación es el material vegetal a elegir ya que condicionará en gran medida el futuro de la explotación.
A lo largo de estas últimas décadas, los centros de investigación (CITA, IRTA, CEBAS-CSIC) han generado nuevas variedades con caracteres mejorados sobre aspectos como época de floración, resistencia a plagas y enfermedades, calidad del fruto, producción, etc.
En definitiva se ha tratado de conseguir variedades que faciliten y mejoren su manejo, producción y calidad del fruto.
La tendencia de estas nuevas variedades es a ser, autofértiles y de floración tardía, para asegurar de este modo unas producciones elevadas y estables.
El promotor ha considerado elegir una única variedad autofertil en la explotación para unificar las operaciones de manejo de la misma.

Las variedades que se han tenido en cuenta para la elección del material vegetal han sido: *Vairo, Guara, Ferragnès, Soleta, Belona, Largueta, Marcona*.
Para la elección de aquella que mejor se adapte a nuestra zona y necesidades de manejo.
Para la elección de una de ellas se ha realizado una matriz de efectos donde se tienen en cuenta todos los factores a considerar por el promotor, cada factor se pondera por un coeficiente de ponderación en función de la importancia de ese factor para el promotor, para cada variedad y factor se le asignara una valoración mediante una escala cuantitativa. Al final se obtiene un orden de preferencia entre las variedades.

La variedad que mejor se ha adaptado a nuestras necesidades ha sido la variedad *Soleta*, la cual se describe ampliamente en el Anejo 4.

Las características principales que nos han llevado a elegir dicha variedad han sido:

- Calidad del fruto debido a su forma similar a la *Desmayo Largueta* que facilita el proceso de tostado y de este modo, dicha variedad adquiere un distintivo en cuanto a precio de venta.
- Variedad autofertil con alto nivel de autogamia y de floración tardía.
- Variedad de maduración tardía.

5.2. Elección del portainjertos

El cultivo del almendro ha evolucionado en épocas recientes de una situación de aprovechamiento tradicional y casi marginal, hacia unas nuevas explotaciones que necesitan una producción de altos rendimientos. Esto nos ha llevado no solo a evolucionar en cuanto a obtener mejor material vegetal, sino a la obtención de nuevos portainjertos que se adapten a nuestras nuevas necesidades.

En el proceso de elección de portainjertos se ha llevado a cabo el mismo proceso que para la elección varietal (usando una matriz de efectos), en este proceso solo se han tenido en cuenta portainjertos híbridos debido al excelente comportamiento agronómico que presenta sobre el cultivo en condiciones de regadío como ya se ha comentado en el Anejo 4, principalmente destacar la buena adaptabilidad a la zona, el potente sistema radicular y la temprana entrada en producción.

De los patrones analizados en la matriz de efectos, el *INRA-GF-677* es el que mejores resultados ha mostrado debido a la buena adaptabilidad en la zona que lo vamos a establecer y en que va a ser empleado para nuestra plantación.

5.3. Marco de plantación

Mediante los marcos de plantación establecidos en modelos intensivos se pretende reducir el periodo improductivo de la plantación, aumentando la precocidad mediante el incremento de número de árboles de la parcela. Con ello conseguimos aumentar mucho la producción en los primeros años y llegando al volumen productivo óptimo con anterioridad.

La elección de estos marcos de plantación más idóneos en cada caso se realizará en función de las variedades y sistemas de recolección.
De modo que en función del marco de plantación elegido tendremos una serie de variables:

- Densidad de plantación.
- Tamaño de la planta ya adulta.
- Sistema de formación.
- Mecanización.
- Máxima exposición a la luz solar.

Para la elección de un marco de plantación se han tenido en cuenta los principales tipos establecidos en plantaciones de almendros (marco real, marco rectangular y tresbolillo).
En primer lugar se ha descartado la opción del marco real dado que este tipo de marco no permite una distribución adecuada de los árboles para nuestro sistema de producción.
Tanto en este tipo de plantaciones, como en las tradicionales es una buena opción plantar los árboles al tresbolillo, para optimizar la captación de luz y el aprovechamiento del espacio radicular.
Dado a que se va a llevar a cabo una plantación con un elevado número de árboles/ha nos interesa aprovechar al máximo estos recursos ya que van a ser nuestros factores limitantes.
Pero se ha descartado la opción de elegir un marco al tresbolillo dado que al tener que distribuir los arboles de nuestra plantación en un triangulo equilátero, si queremos tener árboles situados a poca distancia unos de otros, esto implica tener un ancho de calle de muy pequeña dimensión, dificultando el paso de maquinaria.
Debido a que el marco real nos permite buenos niveles de captación de luz así como un fácil manejo de la plantación con el uso de maquinaria, se ha elegido este marco de plantación.

5.4. Densidad de plantación

Existen una serie de factores que serán los que nos condicionen la densidad de plantación:

a) Vigor de los árboles: Determina su tamaño final. Esta influido por las características del patrón y de la variedad y por las condiciones del medio de cultivo.
b) Sistema de formación: Nos determina el marco de plantación, una formación en vaso precisa mas anchura de calle que una formación en eje central y está más que una formación en palmeta.
c) Sistema de recolección: Para una recolección mecanizada se precisan calles con anchura suficiente para el paso y la maniobrabilidad de la maquinaria.

Se toma la decisión de utilizar un sistema con formación en vaso, poda mínima y marco de plantación 5,5 m × 3,5 m.
De modo que en las 21,67 ha de nuestra plantación tendremos 11257 árboles.

5.5. Orientación de las filas

Para establecer una correcta orientación de las filas se van a tener en cuenta tres factores:

- Dirección de los vientos dominantes (cierzo).
- Aprovechar la geometría de la parcela a fin de conseguir filas más largas que faciliten la mecanización.
- Aprovechar el máximo de radiación solar.

La topografía rectangular de la parcela nos exige colocar las filas con orientación noroeste-sureste, con el fin de conseguir unas filas largas de árboles que faciliten la mecanización.

5.6. Sistema de riego

Uno de los aspectos más importantes y más directamente relacionados con la productividad del almendro es el riego.

Para la elección de un sistema de riego se han tenido en cuenta diferentes sistemas: riego por goteo, riego por aspersión y riego a manta.

Se ha descartado el uso de riego por aspersión ya que este tipo de riego no se puede aplicar durante distintas etapas del cultivo como la polinización, ya que se reduce considerablemente la eficacia de este proceso al mojar el ambiente y favorece a la aparición de enfermedades. También se ha descartado el uso de riego a manta por su baja eficiencia en cuanto al aprovechamiento del agua.

Por lo que se ha elegido el sistema de riego por goteo en superficie debido a su elevado ahorro de agua que supone frente a los otros sistemas, reduce las pérdidas de agua por evapotranspiración, permite aportar agua y fertilizantes más eficientemente justo en la zona de las raíces y con una menor lixiviación.

Este sistema se establecerá mediante dos líneas de goteros por fila para asegurar el riego del sistema radicular de los árboles.

6. Tecnología de producción

6.1. Operaciones anteriores a la plantación

Uno de los procesos fundamentales previos al establecimiento de la plantación es realizar labores de fondo que permitan esponjar los primeros centímetros del suelo y así favorecer el desarrollo radicular de los plantones, además nuestra parcela ha permanecido dedicada al cultivo en extensivo y puede haber generado cierta compactación.

Pare realizar una correcta preparación del suelo se ha llevado a cabo un programa de preparación del terreno que será el siguiente:

- 1º Subsolado: Esta labor profunda de subsolado la realizaremos en verano unos meses antes de la plantación. Se trabajará con profundidades de 60-70cm que serán llevadas a cabo en dos pasadas cruzadas.
- 2º Machacado de piedras: Una vez realizada la labor de subsolado permanecerán muchas piedras en superficie de modo que será preciso eliminarlas para facilitar la ejecución de ciertas actividades futuras para el manejo de la explotación.
- 3º Rulado: Con el fin de eliminar bolsas de aire en el terreno y dejar la superficie del terreno lo más lisa posible se procederá a la pasada de un rulo.

6.2. Plantación

Una vez llevado a cabo el proceso de preparación del terreno, se procede a ejecutar las distintas etapas del proceso de plantación que son las siguientes:

- Época de plantación: Se va a realizar la plantación a mediados de Enero mediante plantas a raíz desnuda
- Rayado y marqueo: La labor de realizar las líneas donde se establecerán las plantas se va a realizar con GPS incorporado en el tractor que realizará esta operación junto con un brazo de subsolador. Para ello se realizarán pasadas en dos direcciones a las distancias establecidas por nuestro marco de plantación.
- Recepción y preparación de las plantas: En este proceso se identificarán las plantas, se comprobará su estado, deberemos cubrir las raíces con telas hasta el plantado.
- Plantación y colocación de los tutores: este proceso es llevado a cabo por una máquina proporcionada por el vivero.
- Colocación de lo plásticos protectores: para ello se han elegido tubos de polietileno blancos.
- Atado: la planta se ata al tutor mediante unas gomas.

6.3. Sistema de formación y poda

6.3.1. Sistema de formación

La elección de los mismos estará condicionada principalmente por el marco de plantación existente y su posterior manejo.

Para la elección de un sistema de formación se han estudiado lo más importantes, siendo estos el sistema de vaso, eje central y espaldera.

El sistema de formación escogido para nuestra plantación va a ser el de vaso francés debido a que es el sistema es el que mejores resultados productivos muestra ya que permite soportar un armazón con un elevado volumen que genera una elevada carga frutal, por su necesidad de una poda poco cualificada y bajo coste de implantación de este sistema.

6.3.2. Poda

Para realizar un adecuado manejo de la poda es fundamental disponer de ciertos conocimientos técnicos y tener cierta experiencia con dichas labores.

- Criterios de poda

Las intervenciones de poda vienen determinadas por el tipo de plantación establecida, de este modo, están ligadas a los siguientes factores:

- Diseño de plantación.
- Sistema de formación.
- Régimen y manejo del cultivo.
- Tamaño de las explotaciones.
- Características del material vegetal.

Estas labores de poda nos permitirán mantener un buen estado vegetativo equilibrado con el productivo.

El volumen de la copa de los árboles habrá que acompasarlo con el potencial vegetativo y productivo del medio, de modo que para nuestro tipo de plantación donde la luz es el único factor limitante, realizaremos podas mínimas que regulen este factor que puede condicionar la productividad.

- Clases de poda

En función de la fase de vida en la que permanece el árbol, podemos encontrar distintas clases de poda:

Poda de formación

Será el tipo de poda llevada a cabo hasta que el árbol alcance niveles óptimos de producción y desarrollo vegetativo, que suele ser entre el 4º y 6º año. En este periodo, deberemos de realizar cada año una poda en verde y de invierno.

En cuanto a la poda en verde del primer año de plantación, se dejarán 4-6 brotes alrededor de la cruz, eliminándose los brotes surgidos por debajo. En los años posteriores, este tipo de poda se limitará a eliminar los brotes situados bajo la cruz y los chupones.

En la poda de invierno, iremos seleccionando las ramas que nos confieran una estructura al árbol (ramas primarias, secundarias y terciarias). Siempre se aconseja formar tres ramas principales.

Poda de producción

Una vez establecida una clara estructura del árbol, procederemos a realizar este tipo de poda. Debido a nuestro criterio de poda escogido, este tipo de poda será muy ligero y de rápida ejecución.

No llevaremos a cabo podas en verde en esta etapa, únicamente podas de invierno, la cual se limitará a eliminar chupones y ramas de muerte (interiores, cruzadas, paralelas, etc.) que interfieran en una adecuada captación de luz por la copa y el desarrollo de las ramas estructurales. También será preciso localizar aquellas ramas que han podido ser afectadas por plagas y enfermedades para eliminarlas.

Poda de rejuvenecimiento

Cuando la plantación permanece envejecida y decrece progresivamente la producción se realizan intervenciones drásticas donde se rebajan las ramas primarias y secundarias.

Es importante que la renovación de las ramas primarias se lleve a cabo de una forma secuencial para no alterar el equilibrio del árbol de una forma demasiado drástica. De las brotaciones que aparecerán de estos cortes de rebaje se formará una nueva copa.

- Intensidad de poda

En nuestro caso como se ha mencionado, realizaremos una poda mínima.

Poda larga o mínima

La intensidad de la poda es muy baja, las ramas estructurales no se rebajan y el armazón de la copa consta de un elevado número de ramas. Se trata del tipo de poda llevada a cabo durante la poda de producción.

- Operaciones complementarias a la poda

Con estas labores, el único objetivo va a ser el de eliminar los restos de poda que permanecen en el suelo tras esta operación. Esta operación se realizará rápidamente tras la poda, ya que de este modo evitaremos el ataque de posibles plagas o enfermedades presentes en estas ramas.

Para ello, una cuadrilla se encargará de amontonarlas en el centro de la calle para que posteriormente sean apartadas por una pala incorporada al tractor, que las irá arrastrando a lo largo de todas las calles para posteriormente ser quemadas y eliminar estos restos.

6.4. Maquinaria para realizar tratamientos fitosanitarios

En nuestra plantación, para realizar los tratamientos fitosanitarios únicamente se va a emplear un atomizador para realizar los tratamientos aéreos y una barra de herbicida para tratar con glifosato la fila de pies de árbol a lo largo de la plantación.

6.5. Sistema de mantenimiento del suelo

Es importante realizar un adecuado manejo del suelo con el fin de controlar una seria de aspectos:

- Control de malas hierbas.
- Mantener una adecuada estructura del suelo.
- Reducir la erosión.
- Mejorar la fertilidad del suelo.

Para elegir un manejo del suelo se han analizado diferentes técnicas como mantener el suelo desnudo (mediante laboreo o herbicidas), cubiertas vegetales, técnicas mixtas.
Se ha elegido el sistema mixto, en el cual se implantará una cubierta vegetal de alfalfa en las calles centrales de la plantación y se dejara al desnudo la fila de los árboles mediante la aplicación de herbicidas.
Esto nos permite aprovechar los beneficios de la cubierta vegetal y reducimos los riegos de heladas al eliminar la hierba de las filas de los árboles al reducir la evapotranspiración (ET).

6.6. Recolección

A la hora de dimensionar una plantación es fundamental saber qué sistema de recolección vamos a escoger ya que esta elección nos puede limitar ciertos aspectos como el marco de plantación o la densidad de plantación a elegir.

Dado al elevado número de árboles por hectárea presentes en esta plantación, así como la amplia gama de sistemas presentes en el mercado, precisaremos de un sistema de recolección mecanizada para nuestra explotación, por ello, para la elección de un sistema de recolección se han analizado:

- Vibradora de almendras al suelo (mediante pinza vibradora) con recogida mediante aspiradoras especiales (sistema americano).
- Pinza vibradora y recogida mediante fardos.
- Máquinas cabalgantes.

Finalmente, después de haber analizado los principales factores de cada uno de ellos, se ha llegado a la conclusión que la máquina empleada para la recolección será la máquina cabalgante por ser el sistema más rápido y eficaz ya que realiza el proceso de recogida, despellejado y almacenaje en una sola pasada.
Esta máquina presenta los inconvenientes de que la parcela ha de ser diseñada conforme a las necesidades de esta máquina ya que debemos permitir su vaciado en continuo (sin salir de las filas) y facilitar su maniobrabilidad en cabeceras. Para ello hemos implantado unos pasillos perpendiculares a las filas de árboles y se han despejado las cabeceras.

7. Plagas y enfermedades

La situación actual del almendro está cambiando respecto a los últimos años debido al establecimiento de nuevos sistemas de producción (aumentando la masa vegetativa en las plantaciones) con nuevas variedades, a esta causa se le suma la escasez de productos fitosanitarios registrados para las diferentes plagas y enfermedades, encontrándonos hoy en día sin ningún producto para algunas de ellas. Por lo que la lucha contra plagas y enfermedades es un factor muy importante a combatir ya que influye directamente en la producción final obtenida.

7.3. Control de plagas y enfermedades.

Para el control de las principales plagas y enfermedades nombradas a continuación se combatirá mediante la Gestión integrada de plagas, para ello se seguirán unas pautas mostradas en el Anejo 6, siempre usando la lucha química como último recurso.

Plagas

- Pulgón *(Myzus persicae y Myzus varians)*
- Minadores de brotes y frutos (*Anarsia liniatella, Cydia molesta)*
- Orugueta *(Ectomyelois ceratoniae y Eurytroma amygdali)*
- Gusano cabezudo *(Capnodis tenebrionis)*

Enfermedades

- Monilia *(Monilinia spp.)*
- Nematodos
- Cribado *(Stigmina carpophila)*
- Mancha ocre *(Polystigma amygdalinum)*
- Abolladura *(Taphrina deformans)*
- Mancha bacteriana *(Anthomonas arborícola pv. pruni)*

8. Riego Deficitario Controlado (RDC)

8.1. Introducción

La producción del almendro responde de manera proporcional al agua aplicada, hasta llegar a una dosis máxima anual donde ya no aumentaría la producción.

Debido a las posibles limitaciones de agua existentes para el riego, el promotor ha decidido implantar el método de riego deficitario controlado, que permite obtener importantes volúmenes de producción mediante menores dotaciones de agua que son aportadas en los periodos críticos del cultivo preferentemente.

8.2. Método de riego empleado

Como se ha citado anteriormente, el método de riego empleado va a ser el de riego deficitario controlado debido a la posible restricción de volúmenes de agua a aportar al cultivo.

Para nuestro caso, el volumen de agua que vamos a aplicar se asemeja al de los llamados Riegos de Baja Dotación, se trata de regadíos con dotaciones de 4000 y 5000 m^3/ha y año, localizados en zonas de pluviometrías medias anuales bajas (400-500 mm).

- La gestión hídrica para Riegos de Baja Dotación.

En la Tabla 3, se muestra un seguimiento de aplicación de riego en función del estado fisiológico en el que permanece el árbol, de modo que en las etapas no críticas se aplicará riego deficitario controlado (con reducciones del 30% de las necesidades hídricas totales).

MES	PROCESO FISIOLÓGICO	PERIODO	RIEGO
15 marzo a 15 junio	Alargamiento fruto, crecimiento intenso de brotacion, alargamiento intenso del grano.	Crítico	Completo
15 junio a 15 septiembre	Secado del grano, diferencicion floral y alargamiento ligero del grano y fruto.	No crítico	Deficitario controlado
15 septiembre a 30 octubre	Diferenciación floral.	Crítico	Completo

Tabla 3. Etapas fisiológicas del almendros correspondientes a los diferentes periodos fisiológicos, críticos y no críticos, para aportación de riego completo y deficitario controlado (Gispert, 2010).

9. Diseño agronómico.

9.1. Introducción.

El diseño agronómico es la parte del proyecto en cuanto que decide una serie de elementos de la instalación tales como número de emisores, disposición de los mismos, etc.

El diseño agronómico de la instalación de riego localizado se desarrolla en dos fases:

1º Fase: Cálculo de las necesidades de agua.
2º Fase: Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego. Número de emisores por árbol y caudal del emisor.

9.2. Cálculo de las necesidades de agua.

- RESERVA MÁXIMA DE AGUA EN EL SUELO.

Del análisis de suelo correspondiente al anjeo 2 se ha determinado el valor de reserva máxima de agua en el suelo que será de 49,35 mm.

- CALCULO DE LA ETC.

Para el cálculo de la ETC de cada cultivo se utiliza la ETo que se ha obtenido de la estación meteorológica de Tardienta:

$$ETC = ETo \times Kc$$

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
ETo	31,8	48,9	84,6	110,0	154,2	179,2	212,8	184,8	120,0	73,6	40,4	27,2
Kc	-	-	0,5	0,6	0,75	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	-	-
ETC	-	-	42,3	66,0	115,7	152,3	200,0	173,7	108,0	58,9	-	-

Tabla 4. Valores de ETC (mm) calculados a partir de los datos de Kc para el cultivo del almendro.

Donde:

ETo : Evapotranspiración de referencia (mm/mes) (Oficina del Regante, 2016).
Kc : coeficiente del cultivo. Depende del cultivo y la fase de desarrollo. Estos valores de K_c han sido obtenidos de un ensayo llevado a cabo en Cataluña (Gispert, 2010). El resto de los meses no se consideran irrelevantes puesto que la evapotranspiración en estos meses es mínima.
ETC : Evapotranspiración del cultivo (mm/mes).

- CORRECCIONES DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC).

Se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la ETC por el efecto de diversas causas: efecto de la localización y efecto de las condiciones locales.

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
ETC (mm/mes)	-	-	42,3	66,1	115,7	152,3	200,0	173,7	108,0	58,9	-	-
Kl	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	-	-
Ka	-	-	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	-	-
Kr	-	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-
ETC corregida (mm/mes)	-	-	30,7	48,0	84,1	110,7	145,4	126,3	78,5	42,8	-	-

Tabla 5. Valor de la ETC mensual corregida por diferentes coeficientes.

Donde:

K_l : Efecto de la localización.
K_a : Variación climática.
K_r : Variación por advención.

- **NECESIDADES NETAS.**

En la zona que nos situamos hay una precipitación total anual menor al de la evapotranspiración del cultivo, por lo que deberemos regar en la mayoría de meses del año. Las necesidades netas de agua de riego se obtienen de la siguiente expresión:

$$Nn = ETC – Pe – Gw – Aw$$

Siendo:

- Nn: necesidades netas de agua de riego
- ETc: evapotranspiración del cultivo.
- Pe: es la precipitación efectiva. Es decir, el agua proveniente de la precipitación que llega a infiltrarse en el suelo. Para el cálculo de las necesidades del riego se estima Pe=0.
- Cw: es el aporte de agua por ascenso capilar a la altura de las raíces desde un nivel freático. Para el diseño de riego, se estima un valor nulo.
- Aw: es la variación de almacenamiento de agua en el suelo. No se estima variación en el almacenamiento del suelo para el cálculo del riego.

Por lo tanto la expresión anterior quedará:

$$Nn = ETC$$

Las necesidades netas es la cantidad de agua que deberán tomar las raíces de la planta para el correcto desarrollo del cultivo.

En la siguiente tabla se muestra el balance hídrico teniendo en cuenta los parámetros anteriores:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	**AÑO**
PE (mm)	7,1	9,3	20,1	22,9	10,7	11	7	8,3	18,3	22,7	14,5	7,3	**159,5**
ETC (mm)	-	-	30,7	48,0	84,1	110,7	145,4	126,3	78,5	42,8	-	-	**666,7**
PE- ETC (mm)	-	-	10,6	25,1	73,4	99,7	138,4	118	60,2	20,1	-	-	**545,7**
Reserva (mm)	49,3	49,3	38,6	24,2	0	0	0	0	0	29,2	49,3	49,3	**289,5**
Déficit (mm)	-	-	-	-	73,4	99,7	138,4	118	60,2		-	-	**489,8**
Exceso (mm)	7,1	9,3	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	7,3	**38,2**

Tabla 6. Balance hídrico de la parcela.

Donde:

PE (mm) : Precipitación efectiva (Oficina del Regante, 2016).
ETC (mm) : Evapotranspiración del cultivo.

Las necesidades netas son de 4898 m^3/ha y año. En vista de los resultados se va a regar desde Mayo hasta Septiembre.

- NECESIDADES DE RIEGO REALES.

Las necesidades reales de riego pasan por considerar ciertos factores de riego como la uniformidad del riego y la eficacia de aplicación.

Las necesidades totales de riego (Nt) se obtendrán de la siguiente expresión:

$$Nt = \frac{Nn}{(Ea \cdot Cu)}$$

En nuestro caso, las necesidades de riego serán:

Mes	E	F	Mar	A	May	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Nn	-	-	-	-	73,4	99,7	138,4	118	60,2	-	-	-
Nt	-	-	-	-	81,3	110,5	153,3	130,7	66,7	-	-	-

Tabla 7. Necesidades totales de agua para nuestra parcela en diferentes épocas del año.

Donde:

- Nn: necesidades netas de agua de riego (mm).
- Nt: Necesidades totales de agua de riego (mm).

Por lo que el volumen total de agua a aplicar es de 5427 m^3/ha.

9.3. Parámetros del riego.

Para el diseño de los parámetros de riego se han calculado los valores óptimos de los siguientes factores:

- Porcentaje de superficie mojada = 25%.
- Área mojada por cada emisor = 0,817 m^2.
- Número de emisores por planta = 6.
- Separación entre emisores = 1 metro.

A continuación se han calculado las necesidades mensuales de riego obteniendo los siguientes valores (teniendo en cuenta que en ciertas épocas de riego se han reducido un 30% las necesidades reales debido a la técnica de riego empleada):

Datos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Necesidades totales (litros/árbol y día)	50,5	70,8	95,2	81,1	42,8
Intervalo entre riegos (nº días)	3	2	2	2	4
Duración riego requerido (horas)	2,1	2,9	3,9	3,3	1,7
Dosis de riego requerida (litros/planta)	50,4	70,4	95,2	81,1	42,7
Reducción de dosis de riego (%)	0	15	30	30	10
Dosis de riego aplicada (litros/planta y día)	50,4	59,8	66,7	56,7	38,4
Duración riego aplicado (horas)	2,1	2,51	2,7	2,3	1,6

Tabla 8. Resumen general del diseño agronómico.

10. Necesidades nutricionales y fertirrigación

10.1. Introducción

Para el desarrollo de las plantas, estas necesitan agua, aire y nutrientes. Los nutrientes se diferencian principalmente en dos grupos:

Macronutrientes

Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), los cuales están presentes en el tejido vegetal seco en concentraciones superiores a 1000 mg/kg (ppm).

Micronutrientes

Hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), etc. Estos son necesarios para la planta a unas concentraciones inferiores a 500 mg/kg, pero interfieren en que el desarrollo de la planta sea el adecuado. En circunstancias de extrema escasez un microelemento puede adquirir mayor relevancia que un macroelemento.

10.2. Balance de elementos nutritivos de la parcela

El suministro de elementos nutritivos al cultivo será una consecuencia de las necesidades fisiológicas del mismo, existiendo un cierto paralelismo entre necesidades de agua y las de nutrientes, haciéndose compatibles ambas.

A continuación se muestra la demanda de macronutrientes y micronutrientes del almendro varía en función del desarrollo vegetativo y producción alcanzable. Por lo que se elaborará un balance nutricional donde se tengan en cuenta tanto las exportaciones del cultivo como las aportaciones realizadas con el fin de tener un equilibrio entre ambos.

Unidad fertilizante	1000 kg/ha	2000 kg/ha	4000 kg/ha
N	50	30 a 50	100
P_2O_5	18	30	37
K_2O	55	60	108
CaO	45	-	56
MgO	8	12	14

Tabla 9. Necesidades estimativas en unidades fertilizantes por hectárea (UF/ha) para almendros adultos y distintas producciones de almendra en cáscara (Kg/ha) (Gispert, 2010).

Las necesidades nutricionales del almendro con producciones de 1000 kg/ha en cáscara corresponden a la etapa de entrada en producción (hasta el sexto año) y necesidades nutricionales del almendro bajo producciones de 4000 kg/ha corresponden a la etapa de plena producción.

10.3. Nitrógeno

Para el cálculo de las necesidades de nitrógeno se han tenido en cuenta: las necesidades de los árboles, exportaciones de la hierba de cobertura del suelo y aportaciones de nitratos por el agua de riego.

Necesidades de abonado = Exportaciones – Aportaciones

A continuación, calcularemos las necesidades de nitrógeno durante la etapa de entrada en producción (hasta el sexto año del cultivo), suponiendo que tenemos una producción media de 1000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones N (UF/ha año)	Árboles	50
	Cobertura del suelo	0
	Suma exportaciones	50
Aportaciones N (UF/ha año)	Suelo	6,7
	Agua de riego	3,5
	Suma aportaciones	10,2
Necesidades entrada en producción (UF/ha año)		39,7

Balance nutricional en el periodo de entrada en producción para el caso del nitrógeno en nuestra parcela.

Las necesidades de nitrógeno durante la etapa de plena producción, suponiendo que tenemos una producción media de 4000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones N (UF/ha año)	Árboles	100
	Cobertura del suelo	0
	Suma exportaciones	100
Aportaciones N (UF/ha año)	Suelo	6,7
	Agua de riego	3,5
	Suma aportaciones	10,2
Necesidades plena producción (UF/ha año)		89,7

Balance nutricional en el periodo de plena producción para el caso del nitrógeno en nuestra parcela.

10.4. Fósforo

Para el caso del fósforo, solo se han tenido en cuenta las extracciones de los árboles, de modo que las necesidades son igual a las exportaciones realizadas por estos.

A continuación, calcularemos las necesidades de fósforo durante la etapa de entrada en producción, suponiendo que tenemos una producción media de 1000 kg/ha en cáscara.

- Necesidades P entrada en producción: 18 (UF/ha año).

Balance nutricional en el periodo de entrada en producción para el caso del fósforo en nuestra parcela.

Las necesidades de fósforo durante la etapa de plena producción, suponiendo que tenemos una producción media de 4000 kg/ha en cáscara.

- Necesidades P plena producción: 37 (UF/ha año).

Balance nutricional en el periodo de plena producción para el caso del fósforo en nuestra parcela.

10.5. Potasio

Para el caso del potasio, realizaremos el balance del mismo modo que con el fósforo.

Por lo que calcularemos las necesidades de potasio durante la etapa de entrada en producción, suponiendo que tenemos una producción media de 1000 kg/ha en cáscara.

- Necesidades K entrada en producción: 55 (UF/ha año).

Balance nutricional en el periodo de entrada en producción para el caso del potasio en nuestra parcela.

Las necesidades de potasio durante la etapa de plena producción, suponiendo que tenemos una producción media de 4000 kg/ha en cáscara.

- Necesidades K plena producción: 108 (UF/ha año).

Balance nutricional en el periodo de plena producción para el caso del potasio en nuestra parcela.

10.6. Microelementos

En el programa de nutrición de nuestra plantación solo aportaremos microelementos en el caso de que aparezcan déficits observados en análisis de suelo o foliares.

10.7. Fertirrigación

Mediante el uso de la fertirrigación podemos aplicar agua y nutrientes de manera conjunta y fraccionada durante toda la campaña de producción del almendro.

Para tener una buena eficacia en el desarrollo de esta técnica, es preciso establecer algunos parámetros tales como:

- Sistema de inyección

Para nuestro sistema de fertirrigación se ha elegido la bomba inyectora para aplicar el fertilizante ya que pese a su mayor coste respecto a otros sistemas, el hecho de ser el método más preciso y fiable nos hace tomar esta decisión.

Dado a que el proceso de abonado junto con el de riego, son los dos factores principales que condicionarán la producción final obtenida y hemos de ser precisos a la hora de aplicar estos recursos.

- Manejo

Para un correcto uso del sistema de fertirrigación es fundamental realizar operaciones de lavado de las tuberías para evitar acumulaciones de residuos.

- Control de salinidad

Hay que tener en cuenta que los sistemas de inyección incorporan sal de la solución madre al sistema de riego, modificando el potencial osmótico del agua, para constituir lo que se denomina solución hija, que requiere una especial atención.

- Sistemas de filtrado

A la salida del depósito de polietileno, se colocará un filtro de anillas para asegurarse de un filtrado completo del fertilizante a aplicar.

10.8. Calendario de fertirrigación

Para realizar una correcta aplicación de nutrientes mediante fertirrigación es preciso realizar un calendario de aplicación donde nos indique la fecha de aplicación y la cantidad a aplicar la cual se muestra en la siguiente tabla.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
N	20%	20%	15%	15%	10%	-	10%	10%	100%
P2O5	35%	-	-	35%	-	-	30%	-	100%
K2O	25%	25%	20%	-	-	-	15%	15%	100%
OMg	10%	20%	35%	25%	-	-	5%	5%	100%

Tabla 10. Distribución de un porcentaje mensual de unidades fertilizantes aplicadas en fertirrigación por almendro (Gispert, 2010).

A partir de esta distribución de las aportaciones de nutrientes se realiza un calendario de fertirrigación con productos comerciales.

		Dosis en Kg/ha								
Etapa	Productos	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Total
Entrada en producción	Nitrato amónico (33,5% N)	12,4	12,1	23,5	17,8	11,8	-	-	-	78
	Acido fosfórico (54% P_2O_5)	11,6	-	-	11,7	-	-	10	-	33
	Nitrato potásico (13-0-46)	29	29,8	23,9	-	-	-	17,9	17,9	119
	Solución nitrogenada (32%)	-	-	-	-	-	-	5,1	5	10
Plena producción	Nitrato amónico (33,5% N)	30,8	30,8	22	-	26,8	-	16,1	13,1	140
	Acido fosfórico (54% P_2O_5)	24	-	-	24	-	-	20,5	-	69
	Nitrato potásico (13-0-46)	58,7	58,7	46,9	-	-	-	27,4	35,2	227
	Solución nitrogenada (32%)	-	-	-	42	-	-	-	-	42

Tabla 11. Cuadro de fertirrigación anual mediante productos comerciales.

11. Diseño hidráulico

11.1. Descripción general de la red de riego

Los distintos componentes del sistema de riego localizado por goteo con fertirrigación, junto a los cálculos de dimensionado se recogen en el Anejo 10. A continuación se muestra un breve resumen de los elementos dimensionados.

Cabe citar que la parcela permanecerá dividida en 5 sectores de riego teniendo en cuenta las limitaciones de caudal aportado por la red de suministro y de este modo calculamos que podemos abastecer sectores de riego de 4,33 ha, por lo que dimensionaremos la parcela en 5 sectores tal como se puede apreciar en el Anejo de planos.

- Cabezal de riego

El cabezal de riego está constituido por el sistema de filtrado, equipo de fertirrigación y elementos de protección, medida y control.
En nuestro caso ya se dispone instalado en la parcela un hidrante de riego que está dotado de sistemas de filtrado (el equipo de filtrado actúa frente al paso de elementos gruesos como piedras pero no frente a suciedad), protección y medida.
En el hidrante, el equipo de fertirrigación instalado lo forma la bomba inyectora de fertilizante junto a un depósito de polietileno anexo a esta.
Además se instalará en el inicio de la tubería primaria (salida del hidrante) y en la salida del depósito de PE (empleado en fertirrigación) un filtro de anillas con el fin de impedir el paso de partículas finas y suciedad que hayan podido pasar a través del sistema de filtrado del hidrante y de este modo conseguiremos evitar posibles obstrucciones de los emisores de riego.

- Emisores de agua

En nuestra red de riego se instalarán goteros autocompensantes de caudal nominal 4 l/h y dispondremos 6 goteros por árbol divididos en dos laterales de riego instalados por cada fila de árboles.

- Laterales de riego

Los laterales de riego son tuberías de PE 50A Ø20 con D_{int} 17,4 mm, dispuestos dos laterales de riego por cada fila de árboles, donde irán colocados 3 emisores por lateral y pie de árbol, tomando como referencia que los goteros centrales serán situados junto al pié del árbol, tal como se indica en los planos de la parcela.

- Red de tuberías

A continuación se muestra una tabla resumen donde se pueden conocer los diámetros calculados para las diferentes tuberías, teniendo en cuenta que se toma el criterio de instalar las tuberías primarias y secundarias en PVC y las terciarias en PE, la distribución de las mismas se puede apreciar en el apartado de Planos.

Tubería	Ø ext. tubería (mm)	Ancho zanja (m)	Prof. Zanja (m)	Volumen zanja (m^3)	Volumen total (m^3)
Primaria	90	1	1	457	2408
Secundaria 1	90	1	1	230	
Secundaria 2	90	1	1	14	
Secundaria 3	90	1	1	210	
Secundaria 4	90	1	1	44	
Secundaria 5	90	1	1	62	
Terciaria 1(1.1)	40	1	1	44	
Terciaria 1(1.2)	32	1	1	51	
Terciaria 1(2.1)	50	1	1	49	
Terciaria 1(2.2)	40	1	1	46	
Terciaria 2(1.1)	40	1	1	42	
Terciaria 2(1.2)	40	1	1	53	
Terciaria 2(2.1)	50	1	1	44	
Terciaria 2(2.2)	40	1	1	51	
Terciaria 3(1.1)	50	1	1	56	
Terciaria 3(1.2)	40	1	1	138	
Terciaria 3(2.1)	50	1	1	49	
Terciaria 3(2.2)	40	1	1	49	
Terciaria 4(1.1)	50	1	1	70	
Terciaria 4(1.2)	40	1	1	134	
Terciaria 4(2.1)	50	1	1	94	
Terciaria 4(2.2)	50	1	1	92	
Terciaria 5(1.1)	50	1	1	44	
Terciaria 5(1.2)	50	1	1	122	
Terciaria 5(2.1)	40	1	1	75	
Terciaria 5(2.2)	32	1	1	88	

Tabla 12. Resumen de diámetros calculados para la red de tuberías.

- Válvulas

En la parcela es preciso colocar válvulas en cada sector con el fin de poder regular la apertura y cierre de agua en cada uno de ellos independientemente.

Estas van situadas entre la tubería secundaria y la terciaria del sector que queremos regular.

Dichas válvulas son especialmente diseñadas y construidas para funciones de regulación hasta altas presiones.

En nuestro caso se han elegido las válvulas hidráulicas de 3” ya que han sido concebidas para funciones más sencillas en baja presión.
Se trata de una válvula con diafragma integral compuesto por varias capas de caucho natural y fibra de nylon, que abre y cierra mediante la presión del agua existente en la red. Cabe destacar su simplicidad constructiva, que elimina prácticamente el mantenimiento. La apertura y cierre de este dispositivo es accionada por unos microtubos polietileno de ocho milímetros de diámetro que se entierran junto a la red principal de riego y son accionados por unos solenoides situados en el hidrante de riego.

- Elementos singulares

Los elementos singulares son aquellos dispositivos (uniones, codos, etc.) que permiten realizar uniones entre tuberías y conectar estas con todos los puntos de la parcela.
La unión entre tuberías de PVC se realizara mediante junta elástica para diámetros de tubo mayores o igual a 63 mm de diámetro y por encolado en diámetros inferiores. Para el caso de PE, las uniones son llevadas a cabo mediante juntas mecánicas.
Los cambios de sentido en la red de tuberías se consiguen uniendo dos tuberías con un codo del ángulo deseado.
El cambio de sección de la tubería se consigue instalando tronco-cónicas entre las tuberías de diferente diámetro.

- Desagües

Los desagües son prolongaciones de las tuberías terciarias con una llave de paso que permiten expulsar impurezas y posibles elementos gruesos de la red de riego y evitar el desgaste prematuro de la instalación o posibles obturaciones y averías.
Dichos desagües situados al final de la terciaria ascienden cierta altura mediante un doble codo y son protegidos por una pequeña arqueta de hormigón.
Es fundamental el uso de estos dispositivos durante los primeros riegos de la instalación y en los futuros inicios de riego de cada campaña.

12.Diseño del almacén

El objeto se basa en la construcción de una nueva nave dentro de una parcela en la que existen otras edificaciones y un cerramiento perimetral de obra. Dicha nave tendrá una planta, será abierta en fachada y la cubierta será a un agua, con las dimensiones grafiadas en los planos. El uso de la nave es para almacenamiento de maquinaria, recogida y secado de las almendras durante la época de recolección.

La nave no permanece localizada en la misma parcela donde se encuentra la plantación de almendros sino que está localizada a una distancia de 3,7 kilómetros de esta. De modo que la parcela en la que se va a realizar la construcción de la nave se encuentra en el Camino Monte Tabor nº 6 de Almudevar en la provincia de Huesca y dispone de una superficie de 1205,59 m^2.

La parcela donde se va a realizar la construcción de la nave permanece al término municipal de Almudévar. Son de obligado cumplimiento las normas Subsidiarias Municipales.

La parcela donde está emplazada la nave a dimensionar se encuentra calificada como suelo “Urbano” y se cataloga como zona de almacenaje.

	Norma	Proyecto
Parcela mínima	500 m^2	1205,59 m^2
Ocupación del suelo	80% planta baja 30% resto	48,54 % planta baja -
Volumen máximo	$3m^3/m^2$	$2,09m^3/m^2$
Altura máxima	7,5 m	4,5 m

Tabla 13. Dimensiones del emplazamiento donde se ejecutará el almacén.

Para la ejecución de la nave será necesario realizar las siguientes obras:

- Movimientos de tierras.
- Cimentación de hormigón armado.
- Estructura de pilares y jácenas metálicas.
- Cubierta inclinada de chapa.

Dichas obras van a ser descritas ampliamente en el Anejo nº 11 de dicho proyecto, donde mediante el programa de cálculo CYPE se ha dimensionado y definido los materiales de nuestra nave a realizar.

A modo de resumen se van a especificar los elementos empleados para el dimensionamiento de la misma:

- Pilares: IPE 240
- Jácenas: IPE 360
- Correas: CF 225×3.0
- Tirantes: R 12
- Zapatas: Zapatas rectangulares de hormigón armado con malla.
- Cubierta: Chapa galvanizada de espesor 6mm

En el proceso de cálculo, en un primer lugar se ha definido el pórtico a ejecutar, tratándose de un pórtico rígido a un agua y con inclinación lateral.

El lado izquierdo tendrá dimensiones de 4,5 metros, el derecho de 4,0 metros y una anchura de 6,35 metros.

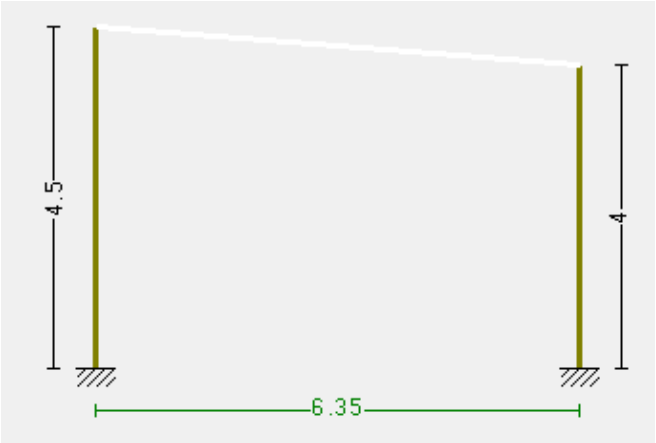


Ilustración 2. Representación gráfica del pórtico a ejecutar.

Una vez definido el pórtico, se procede a dimensionar la estructura metálica y cimentación, teniendo en cuenta que la nave dispone de 4 vanos con una distancia de 5 metros entre vanos.

En la siguiente imagen en 3D podemos apreciar todos los elementos que conforman la estructura:

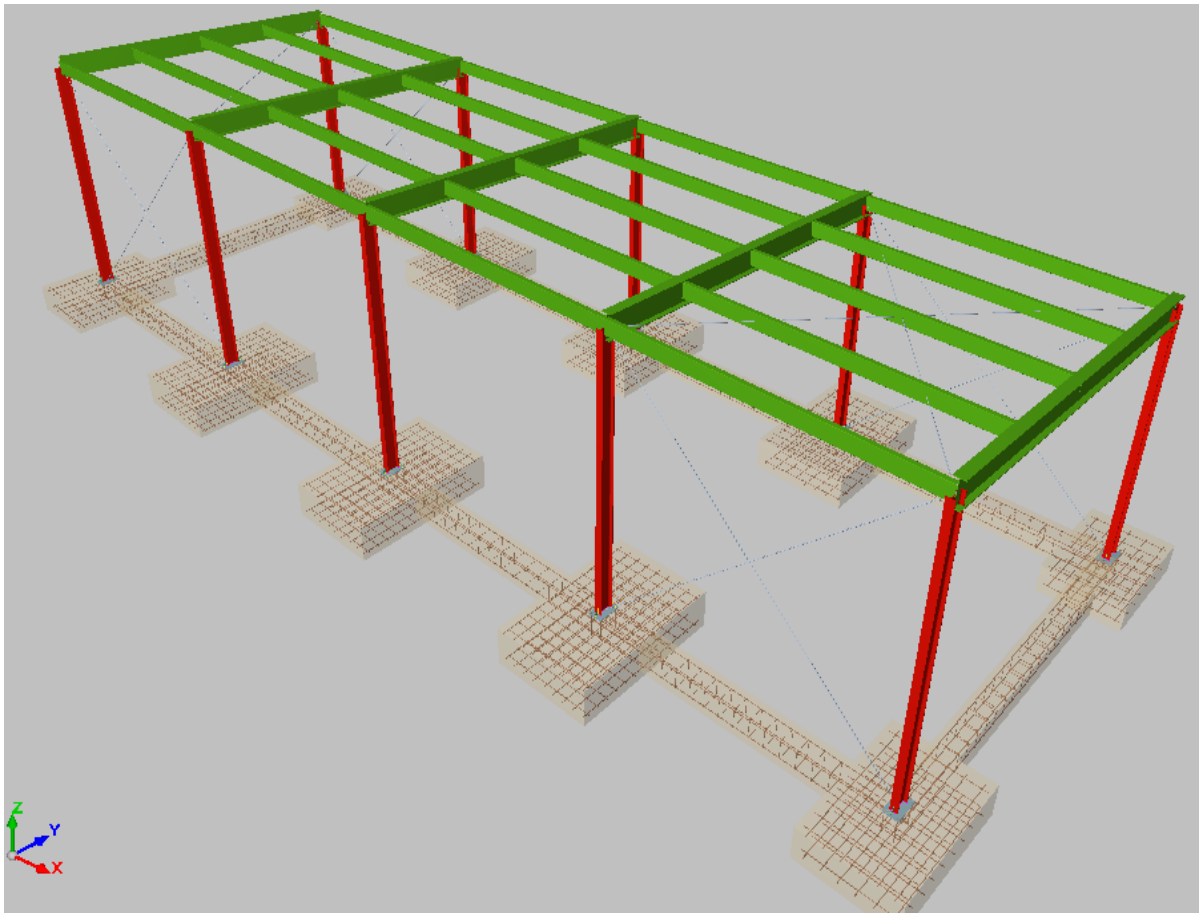


Ilustración 3. Vista en 3D de la estructura metálica a diseñar.

13. Mercado de la almendra

13.1. Mercado Internacional

En la gráfica 1 se puede observar la producción mundial de almendra en grano para el año 2015.

PAIS	TONELADAS	%
USA	859.545	79
Australia	85-500	7
España	65.957	6
Otros	78.500	8
Total	1.084.502	

Gráfica 1. Producción mundial de almendra en grano para el año 2015 (Fuente: INC).

Los principales países consumidores (Tm) a nivel internacional durante las campañas 2010/2011 y 2015/2016 se muestran en la siguiente tabla:

Región/País	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
Unión Europea	305.800	300.100	299.300	323.800	308.300	310.000
USA	239.156	275.201	302.234	305.624	275.059	290.000
India	54.200	47.100	60.700	53.400	61.500	80.200
China	48.200	96.700	93.100	67.700	57.800	75.00
Emiratos Arabes	42.600	55.300	43.600	54.900	61.300	65.000
Canada	27.600	28.400	31.200	33.700	35.000	36.000
Turquía	27.600	36.600	29.300	33.200	30.800	29.000
Japon	14.200	20.300	21.300	25.800	25.900	27.000
Australia	16.300	23.400	24.700	20.800	21.000	23.000

Tabla 14. Principales países consumidores (Tm) a nivel internacional durante las campañas 2010/2011 y 2015/2016 (J. De Pablo Valenciano, 2016).

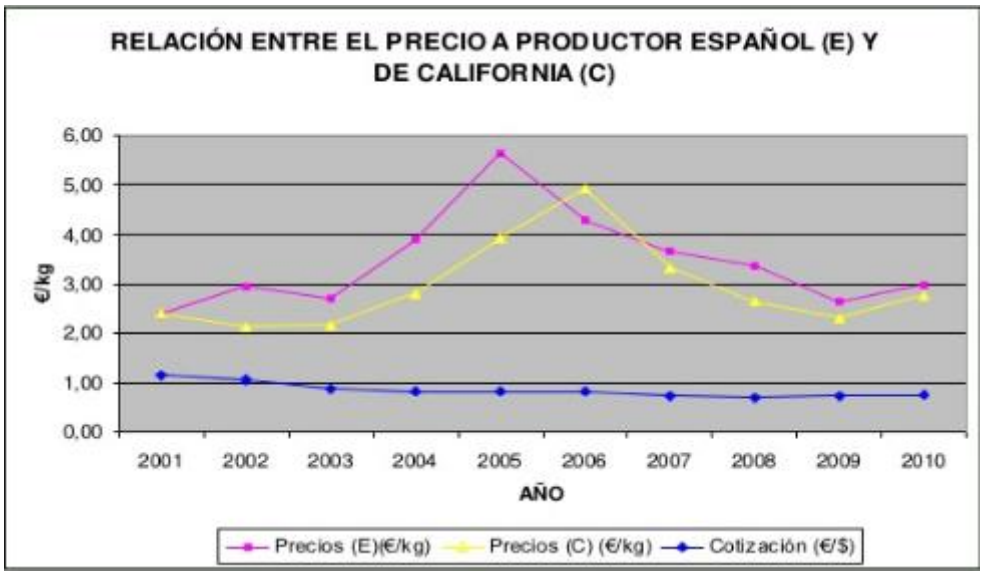
13.2. Mercado nacional

España no es sólo el primer país por el número de hectáreas plantadas, sino que es importador neto de almendras, debido a la coexistencia de un consumo directo tradicional y un consumo industrial en auge.

Destaca el boom de creación de nuevas plantaciones originado por el actual incremento de precios de venta de la almendra, lo cual generará un aumento considerable del volumen de almendras nacional producido.

13.3. Comercialización

El precio medio percibido generalmente por el productor español ha sido de 2,5 euros/kg, alcanzando un pico de 5,5 euros/kilo en la campaña del año 2005.
La almendra española posee unas calidades muy superiores a la estadounidense y es más apreciada en los mercados internacionales por lo que este hecho se ve reflejado en el precio final percibido por el productor español. Sin embargo, al ser California quién marca las cotizaciones a nivel mundial, presiona los precios de nuestras almendras a la baja.



Gráfica 2 . Relación entre el precio en pepita al productor Español (E) y de California (C) en el periodo de tiempo comprendido entre las campañas 2001 al 2010 (Vargas, 2014).

14.Resumen general de presupuestos

El resumen general de presupuestos mostrado a continuación, engloba las actividades de implantación del sistema de riego a goteo, ejecución de la plantación y del almacén.

Se han tenido en cuenta estas tres partidas en el resumen general de presupuestos ya que son las necesarias para poder llevar a cabo el proyecto y los demás gastos se tendrán en cuenta en la evaluación económica del proyecto.

Capitulo	Descripción	Importe (€)
1	Plantación	53649,8
2	Tuberías y laterales de riego	23291,1
3	Accesorio PVC	47,7
4	Accesorios PE	51,6
5	Collarines	3572,8
6	Válvulas y automatismos	1586,6
7	Filtros	173,0
8	Almacén	17020,0
9	Estudio de seguridad y salud	1784,1

Total de ejecución material (€)	106.745,00
13 % Gastos generales	13876,85
6 % Beneficio industrial	6404,70
Suma G.G. y B.I.	20281,55
21 % I.V.A.	26675,58
Total presupuesto general	153.702,13

Tabla 15. Resumen General de Presupuestos.

15.Evaluación económica del proyecto

En el Anejo 14 se trata ampliamente dicho estudio pero a continuación se van a nombrar a modo de resumen algunos de los datos más relevantes.

En dicho estudio económico se ha fijado la vida útil de la plantación en 25 años debido al modelo productivo y material vegetal empleado.

15.1. Costes de explotación

En los costes de explotación se diferencian dos tipos:

Los costes ordinarios generados por el cultivo de los arbustos implantados.
Los costes extraordinarios, debido a la renovación de alguno de los elementos de la inversión.

- COSTES ORDINARIOS

Los costes ordinarios anuales se han dividido en diferentes etapas:

Año 0: Costes de puesta en marcha del proyecto (costes de inversión).
Año 1 a 3: Costes durante el periodo de formación de los árboles.
Año 4 a 5: Costes durante la entrada en producción.
Año 6 en adelante: Coste durante la plantación permanece en plena producción.

A continuación se muestra un resumen de los costes ordinarios a lo largo de cada año:

AÑO	Coste ordinario (€)	Coste ordinario (€/ha)
0	68509,8	3161,5
1	10618,3	490
2	12818,3	591,5
3	12818,3	591,5
4	35562,8	1778,1
5	35562,8	1778,1
6 en adelante	36239,9	1811,9

Tabla 16. Costes ordinarios de la explotación

Cabe destacar que el año 0 se genera un gran desembolso de dinero como consecuencia de la puesta en marcha de la plantación y posteriormente los costes van aumentando progresivamente a partir del año 1 hasta alcanzar unos costes estables cuando la plantación entra en plena producción.

- COSTES EXTRAORDINARIOS

Los costes extraordinarios a lo largo de la vida de la plantación se recogen en las siguientes tablas:

AÑO	MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
AÑO 10	Boquillas atomizador	2,3	20	46
AÑO 10	Boquillas barra herbicida	1,8	2	3,6
AÑO 10	Ropa de trabajo	500	1	500

Tabla 17. Costes extraordinarios de la explotación.

15.2. Ingresos de explotación

- INGRESOS ORDINARIOS

Los ingresos ordinarios de la plantación provendrán de la venta de almendras, que serán vendidas a través de la Cooperativa Comarcal del Campo Virgen de la Corona.
La producción neta media que se establece para dicha plantación de la siguiente manera:

Ingresos ordinarios	
Periodo	**Producción (kg pepita/ha)**
Año 4 a 6	330
Año 6 a 20	1350
Año 21 a 23	1050
Año 24	330

Tabla 18. Producción obtenida en cada periodo de tiempo de la plantación.

Analizando el precio de la almendra en los últimos 10 años se llega a la conclusión de que el precio medio de venta será de 3,455 €/Kg en pepita.

Hay que tener en cuenta que los precios actuales son muy elevados, pero cabe esperar que el mercado alcance precios de años anteriores como ya se ha mencionado en el Anejo de mercado de la almendra, por este modo dichos precios se han descartado para nuestro estudio.

De modo que teniendo en cuenta lo comentado anteriormente, nuestros ingresos ordinarios se han representado en la siguiente tabla:

Ingresos ordinarios	
Periodo	**Precio** $(€/campaña)$
Año 4 a 6	20730
Año 6 a 20	93285
Año 21 a 23	72555
Año 24	20730

Tabla 19. Ingresos ordinarios de la explotación.

- INGRESOS EXTRAORDINARIOS.

Los ingresos extraordinarios tienen su origen en la venta de los elementos de la plantación al cumplir su vida útil o al final de la vida de la plantación.
De modo que el promotor decide vender su atomizador y barra de herbicida una vez se alcance el final de la vida de la plantación y esta sea arrancada.
El valor residual de estos aperos se estima en un 40% de su valor de compra.
Los ingresos adquiridos por estas ventas se recogen en la siguiente tabla:

Ingresos extraordinarios		
Elemento	Valor de compra (€)	Valor residual (€)
Atomizador	9767	976,7
Barra de herbicida	3567	356,7

Tabla 20. Ingresos extraordinarios de la explotación.

Por lo que el total de los ingresos extraordinario que se percibirán en el Año 24 asciende a 1333,4 (€).

15.3. Estudio de rentabilidad

Analizando estos parámetros se ha realizado un estudio de rentabilidad mostrado detalladamente en el Anejo 14 y se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Según el análisis de sensibilidad llevado a cabo en el Anejo del Estudio económico se puede afirmar que existe cierto margen de maniobra en el supuesto caso de que oscilen negativamente nuestros costes o ingresos.

De acuerdo con los valores que se han obtenido para los indicadores de rentabilidad analizados en la evaluación financiera de la inversión (VAN, Pay-back y TIR), se puede afirmar que el proyecto de inversión es rentable y resulta viable. Dichos valores son los siguientes:

- VAN: 152.716,0 €.
- TIR: 9%.
- Pay-Back: 12 años.

Algunos factores a destacar es que al tratarse de una plantación en régimen semi-intensivo hace que la entrada en producción sea temprana pero el desembolso inicial sea elevado dado a que el número de plantas por hectárea es alto.
Podemos concluir afirmando que el mayor factor en la rentabilidad del proyecto es el precio de venta de la almendra ya que dicho valor modifica completamente el estudio.
Para el supuesto estudiado se toma el valor de 3,455 €/Kg de almendra en pepita. Considerando este precio como un valor aceptable debido a la buena situación del mercado, podemos afirmar la rentabilidad del proyecto.

16.Conclusión

El Proyecto de " Plantación de almendros en régimen semi-intensivo mediante implementación de riego deficitario " es viable de acuerdo con el estudio que se ha realizado, tanto técnica como económicamente, lo cual nos lleva a tomar la decisión de ejecutarlo.

Anejo 1: Estudio climático

1. Introducción

El estudio climático que va a ser llevado a cabo hace referencia a múltiples factores que se analizarán en este apartado mediante datos proporcionados por una estación meteorológica próxima a la parcela. El análisis del clima es fundamental para posteriormente acometer con una adecuada elección de la variedad, dimensionar el sistema de riego, dosis de riego, desarrollo del cultivo, etc.

Los datos climáticos para elaborar este estudio climatológico han sido aportados por la estación meteorológica de Tardienta debido a su proximidad con la parcela, tratándose de una serie de datos tomada de 11 años, desde 2005 hasta 2016, siendo estos todos los datos de los que dispone la estación.

Además, para reforzar estos datos también se han extraído valores climáticos de la plataforma de Infraestructura de Datos Especiales de Aragón (IDEARAGON) y de la Agencia Estatal de meteorología (AEMET) referentes a la estación meteorológica del aeropuerto de Huesca con datos referentes a periodos comprendidos entre 1943-2016 y 1981-2010.

- Datos estaciones meteorológicas:

Estación meteorológica	Altitud (m)
Tardienta	361
Huesca	541

Tabla 21. Datos estación meteorológica.

En la Tabla 22 se muestran los de valores climáticos extremos y medios históricos registrados por la estación meteorológica del aeropuerto de Huesca (AEMET), estos valores aportan una visión general del clima en el que nos situamos:

- Valores climáticos extremos históricos:

Variable	Anual
Número máximo de días de lluvia en el mes	24 (Mayo de 2008)
Número máximo de días de nieve en el mes	8 (enero de 1945)
Número máximo de días de tormenta en el mes	13 (Septiembre de 2016)
Precipitación máxima en un día (l/m2)	110,8 (24 septiembre de 1959)
Precipitación mensual más alta (l/m2)	236,4 (marzo de 1974)
Precipitación mensual más baja (l/m2)	0,0 (noviembre de 1981)
Temperatura máxima absoluta (ºC)	42,6 (7 de julio de 1982)
Temperatura media de la mínima más alta (ºC)	35,5 (julio de 2015)
Temperatura media más baja (ºC)	0,0 (febrero de 1956)
Racha máxima de viento: velocidad y dirección	136 km/ h y dirección 270 (23 de agosto de 1982)

Tabla 22. Valores climáticos extremos históricos (AEMET, 2016).

- Valores climáticos medios históricos:

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	5,2	9	1,4	31	78	5	1	0,2	7,3	10,3		138
Febrero	6,9	11,6	2,2	28	70	4,5	0,8	0,1	3,4	7	5,5	173
Marzo	10,1	15,7	4,5	30	61	4,2	0,4	0,2	1,3	3,5	7	230
Abril	12,1	18	6,2	53	60	6,4	0,1	1,3	1,3	0,8		243
Mayo	16,1	22,3	9,8	52	57	7,3	0	3,3	1,3	0		275
Junio	21	28,1	13,8	33	50	4,3	0	3,7	0,3	0		302
Julio	24,1	31,6	16,5	22	47	3,1	0	3,7	0,2	0		346
Agosto	23,7	30,9	16,6	29	50	3,3	0	3,9	0,2	0		314
Septiembre	19,8	25,9	13,6	48	57	4,4	0	3,2	0,7	0		247
Octubre	15	19,8	10,1	60	67	6,5	0	1,1	1,6	0		197
Noviembre	9,3	13,4	5,2	47	76	5,8	0,1	0,2	5,6	2,8		146
Diciembre	5,5	9,2	1,9	44	81	6	0,8	0,1	8,4	9,7		123
Año	14	19,6	8,4	480	63	61		21	33,4	34,2		2732

Tabla 23. Valores climáticos medios históricos (AEMET, 2016).

Leyenda:

- T: Temperatura media mensual/anual (ºC)
- TM: Temperatura media mensual /anual de las temperaturas máximas diarias (ºC)
- Tm: Temperatura media mensual/ anual de las temperaturas mínimas diarias (ºC)
- R: Precipitación mensual/ anual media (mm)
- H: Humedad relativa media (%)
- DR: Numero medio mensual/ anual de días precipitación superior o igual a 1mm.
- DN: Numero medio mensual/ anual de días de nieve.
- DT: Numero medio mensual/ anual de días de tormenta.

2. Elementos del clima

Son los elementos que influyen en la elección de la variedad, dimensionamiento del sistema de riego, dosis de riego, desarrollo del cultivo, etc. Y en este apartado analizaremos algunos de estos elementos más influyentes para nuestro cultivo tales como: Temperatura, régimen de heladas, número de horas de frio, pluviometría, humedad relativa, viento y radiación.

2.1. Temperatura

Cabe destacar los siguientes aspectos desde el punto de vista térmico de la zona donde se sitúa nuestra parcela. El periodo de frío es poco intenso pero siendo este de larga duración (6 meses aproximadamente), lo cual hace presagiar que la demanda de número de horas de frío será suficiente. Hay que tener cuidado con las temperaturas máximas en verano debido a que la temperatura media de los meses más cálidos se sitúa en 21ºC.

En unos términos más generales podríamos afirmar que disponemos de un clima mediterráneo continental con temperaturas:

Temperatura media anual	14-16ºC
Temperatura media del mes más frio (diciembre)	4ºC
Temperatura media del mes más caluroso (julio)	22-25ºC

Tabla 24. Resumen de valores térmicos (Oficina del Regante, 2016).

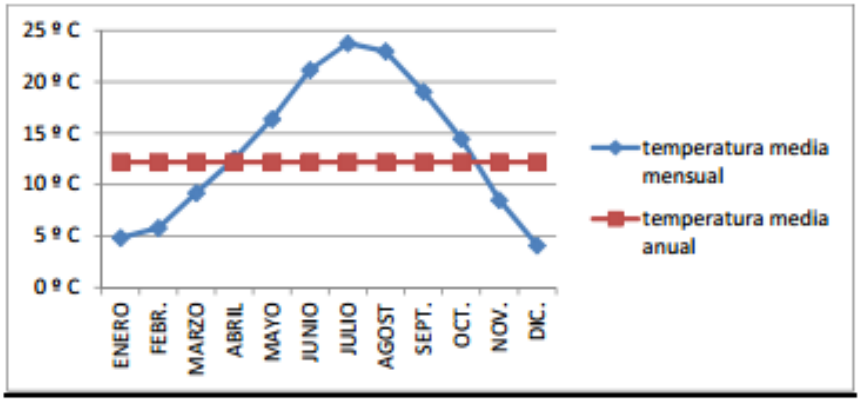
En las siguientes tablas se mostrarán las series climáticas de temperatura obtenidas de la estación:

- Temperatura media mensual y media anual (ºC)

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		3,9	4,5	5,5	3,8	4,4	3,6	5,4	5,5	6,4	4,4	7,0
Febrero		4,3	7,4	6,8	6,0	4,5	6,8	4,0	5,9	6,2	4,8	7,0
Marzo		10,1	8,7	9,2	9,3	7,8	8,9	10,0	9,0	9,4	9,8	8,2
Abril		13,0	13,1	12,4	11,3	12,6	14,5	11,0	11,4	14,3	12,8	11,4
Mayo		18,0	16,8	15,4	18,0	14,9	17,8	17,7	12,7	15,6	17,8	15,1
Junio	23,9	21,9	20,6	19,6	22,6	19,7	20,5	22,4	18,8	21,1	22,1	20,8
Julio	23,9	25,7	22,8	22,8	24,2	24,6	22,0	23,1	24,2	22,1	25,5	23,7
Agosto	22,5	21,4	21,6	22,7	23,9	22,8	23,8	24,9	22,5	22,2	22,7	23,1
Septiembre	18,8	19,8	18,4	18,1	19,1	17,7	20,5	19,4	19,1	20,2	17,5	19,8
Octubre	14,7	16,0	13,9	13,2	15,3	12,1	14,5	14,2	15,8	16,0	13,7	14,7
Noviembre	7,9	10,5	6,8	6,8	9,3	6,8	10,2	8,8	9,0	9,7	9,9	
Diciembre	2,0	3,1	3,8	4,2	4,9	3,2	6,4	6,1	2,8	5,9	5,5	

Tabla 25. Temperaturas medias correspondientes al periodo 2005 – 2006 (Oficina del Regante, 2016).

- Temperatura media mensual y media anual (ºC)



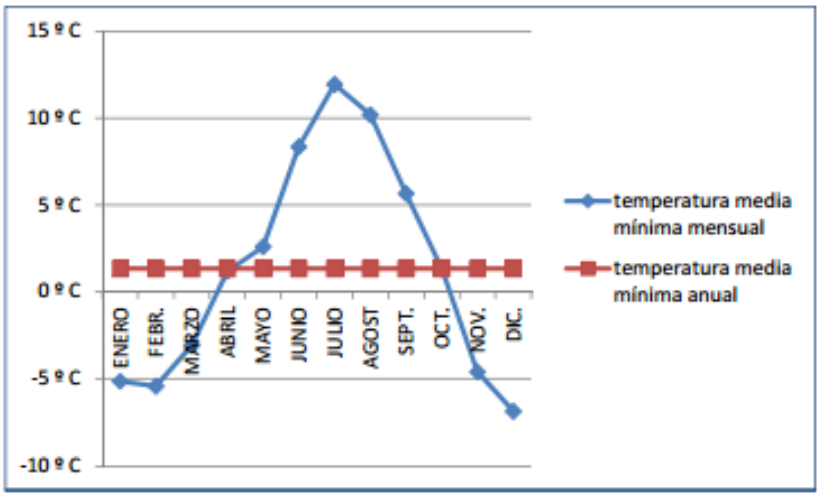
Gráfica 3. Temperaturas medias correspondientes al periodo 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

- Temperatura media min. mensual y media min. anual (ºC)

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		-4,4	-7,8	-5,1	-6,3	-4,4	-7,8	-6,0	-3,9	-1,9	-7,1	-3,8
Febrero		-4,9	-4,0	-4,6	-3,7	-7,7	-5,1	-8,7	-6,8	-4,2	-6,3	-4,9
Marzo		-4,3	-2,8	-1,9	-1,1	-4,4	-3,7	-3,5	-3,5	-2,0	-3,8	-1,7
Abril		0,5	2,4	0,5	0,6	-0,0	2,2	-0,4	1,7	4,0	-1,0	-0,9
Mayo		2,1	3,6	2,8	2,9	0,0	4,7	3,0	1,5	2,6	5,1	2,3
Junio	10,8	5,8	8,6	8,6	10,5	8,1	7,0	9,5	4,8	9,6	9,5	7,9
Julio	12,6	13,2	11,2	8,8	12,9	12,2	11,8	10,8	13,6	11,9	10,6	9,5
Agosto	10,5	9,3	11,0	10,2	11,9	9,9	8,4	12,7	11,5	7,2	10,4	9,9
Septiembre	5,7	7,8	1,3	5,3	8,0	2,4	7,6	4,5	7,6	6,3	6,4	6,2
Octubre	4,7	6,1	0,7	1,0	-2,3	-1,5	-0,9	-1,5	0,9	6,3	-0,2	2,3
Noviembre	-3,4	0,1	-9,7	-6,8	-2,6	-7,7	2,5	-1,5	-8,0	-0,5	-3,5	
Diciembre	-6,4	-6,5	-11,0	-4,5	-7	-8,5	-5,7	-6,5	-5,7	-5,1	-5,5	

Tabla 26. Temperaturas medias correspondientes al periodo 2005 – 2006 (Oficina del Regante, 2016).

- TEMPERATURA MEDIA MÍNIMA MENSUAL Y ANUAL(ºC)



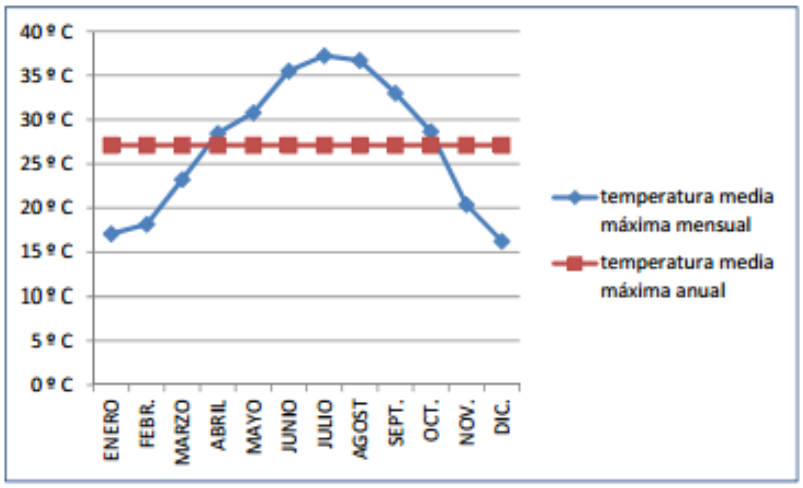
Gráfica 4. Temperaturas medias mínimas correspondientes al periodo 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

- Temperatura media max. mensual y media max. anual (ºC)

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		15,3	18,4	17,3	17,4	12,9	18,3	18,7	17,8	17,8	16,4	17,9
Febrero		17,6	18,9	19,5	17,4	15,0	20,4	21,3	15,6	17,0	16,8	19,1
Marzo		24,1	21,9	23	24,7	21,6	23,7	25,7	19,9	24,9	23,2	22,6
Abril		24,2	28,6	29,1	26,2	29,2	30,4	24,6	41,1	27,5	25,7	22,9
Mayo		34,8	31,2	30,3	33,2	29,6	33,8	34,4	25,5	29,9	33,2	29,2
Junio	37,9	35,8	34,1	33,9	37,4	34,2	36,3	38,3	33,7	33,9	38,2	34,6
Julioi	38,9	39,4	36,8	35,4	37,4	37,9	35,6	38,5	35,7	36,3	42,1	37,5
Agosto	35,4	33,2	37,5	37,1	36,5	37,0	37,9	41,5	35,2	35,4	36,8	35,8
Septiembre	34,2	35,4	31,1	32,1	32,2	32,4	34,5	32,2	30,4	34,8	31,1	37,3
Octubre	27,5	27,1	27,2	25,8	29,1	26,1	34,4	30,2	29,8	29,1	25,8	29,1
Noviembre	19,5	19,9	20,6	18,1	20,5	21,1	20,9	19,0	23	20,5	23,3	
Diciembre	13,6	18,6	18,0	13,6	17,1	17,8	16,3	17,0	14,6	15,1	17,7	

Tabla 27. Temperaturas medias máximas correspondientes al periodo 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

- Temperatura media máxima mensual y media máxima anual (ºC)

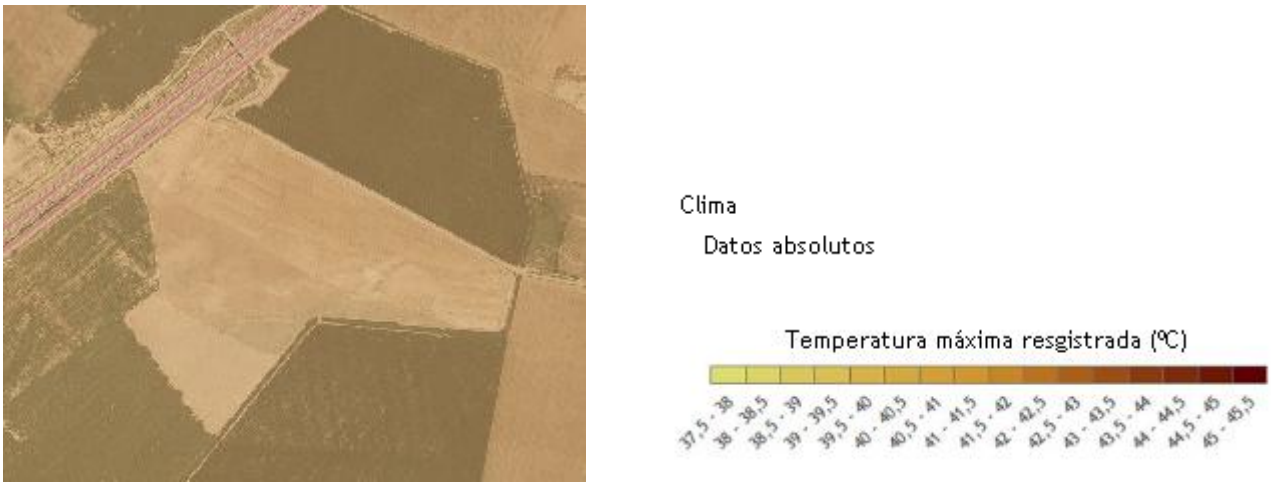


Gráfica 5. Temperaturas medias máximas correspondientes al periodo 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

Con la finalidad de obtener datos más específicos de la parcela, también se han obtenido valores de la plataforma IDEARAGON y esos muestran lo siguiente:

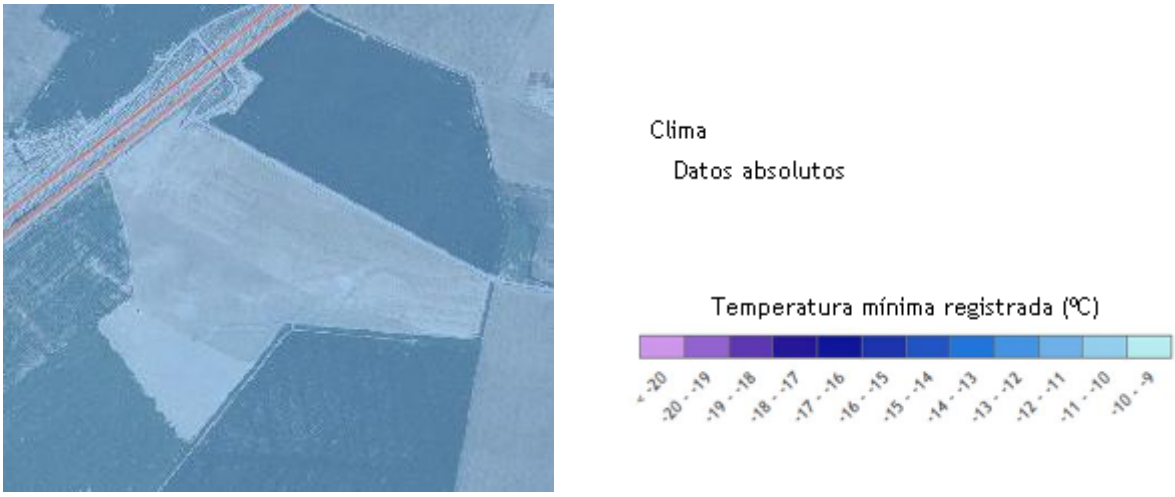
Estos valores se obtienen visualizando el color que muestra el mapa en cada zona de la parcela e interpolándolo con la leyenda que hay al margen del mismo.

- Temperatura máxima absoluta:



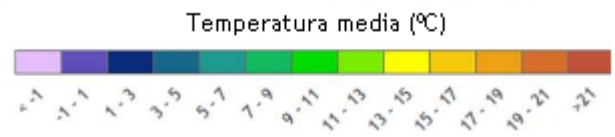
Visualizando el mapa podemos afirmar que la temperatura máxima absoluta se sitúa sobre los 42ºC.

- Temperatura mínima absoluta.



Visualizando el mapa, podemos afirmar que la temperatura mínima absoluta registrada se sitúa sobre los -11ºC.

- Temperatura media.



Visualizando el mapa, podemos afirmar que l temperatura media en la parcela es de 17ºC.

2.2. Régimen de heladas

En la siguiente tabla reflejaremos el periodo de duración de las heladas en cada uno de los años que hemos evaluado el estudio climatológico, mostrando la fecha inicial y final de cada helada:

Año	Primera helada	Última helada	Periodo libre de helada (dias)	Periodo riesgo helada (dias)
2005-2006	23-nov	17-abr	219	146
2006-2007	17-nov	16-abr	214	151
2007-2008	08-dic	17-mar	264	101
2008-2009	20-nov	15-mar	249	116
2010-2011	17-nov	09-mar	252	113
2012-2013	05-nov	22-mar	228	137
2013-2014	25-oct	15-abr	192	173

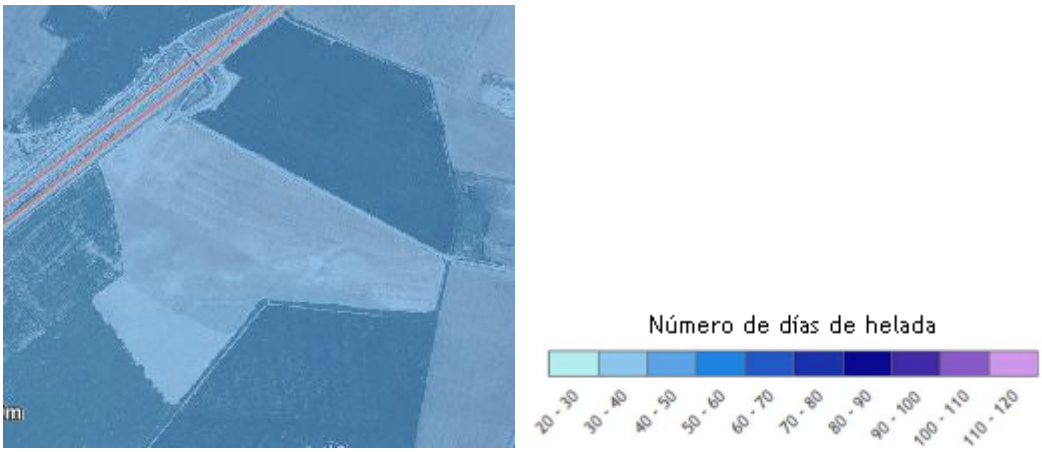
Tabla 28. Periodo de duración de las heladas del periodo comprendido entre 2005 – 2014 (Oficina del Regante, 2016).

En estos datos podemos observar que el periodo con mayor duración de riesgo de heladas perteneció a la campaña del 2013-2014 (173 días) y el periodo con menor duración a la campaña de 2007-2008 (101 días).

Con la finalidad de obtener datos más específicos de la parcela, también se han obtenido valores de este parámetro del visor 2D de la plataforma IDEARAGON y esos muestran lo siguiente:

Estos valores se obtienen visualizando el color que muestra el mapa en cada zona de la parcela e interpolándolo con la leyenda que hay al margen del mismo.

- Número de días de helada.



Según la leyenda podemos afirmar que existen en la parcela unos 80 días de periodo de heladas.

2.2.1. Régimen de heladas según Emberger

Divide el año en períodos según la posibilidad de producirse helada, utiliza la media de las temperaturas mínimas, con el siguiente criterio:

A) Período seguro de heladas: Se produce cuando la temperatura media de las mínimas es inferior a 0ºC.

B) Período frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0ºC y 3ºC.

C) Período poco frecuente de heladas: Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 3ºC y 7ºC.

D) Período con heladas muy poco frecuentes: Cuando la temperatura media de las mínimas es superior a 7ºC.

	Seguro	Frecuente	Poco frecuente	Muy poco frecuente
T (ºC)	Tª<0ºC	0<Tª<3	3<Tª<7	Tª>7ºC
Fecha inicio	Noviembre	Abril	Septiembre	Junio
Fecha final	Marzo	Octubre	Septiembre	Agosto
Nº días	151	90	30	92

Tabla 29. Clasificación de riesgo de heladas según Emberger (Oficina del Regante, 2016).

2.2.2. Régimen de heladas según Papadakis

Tiene en cuenta las fechas del año en que se dan temperaturas mínimas absolutas menores o igual a cero a dos y a siete grados. Con los valores de estas temperaturas se calculan el periodo medio, el periodo máximo y el periodo libre de heladas (la totalidad del año menos el periodo medio con heladas).

Clasificación	Restricción de la clasificación	Meses que incluye
Periodo medio de heladas	Tª< 0ºC	Noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril
Periodo libre de heladas	0ªC ≤Tª< 2ªC	
Periodo disponible libre de heladas	2ªC ≤Tª< 7ªC	Mayo, octubre
Periodo completamente libre de heladas	7ªC ≤Tª	Junio, julio, agosto, septiembre

Tabla 30. Clasificación de riesgo de heladas según Papadakis (Oficina del Regante, 2016).

2.3. Número de horas de frio

Se denomina número de horas de frío a las horas, a lo largo del año que en un determinado lugar se está a una temperatura inferior a los 7º C.

Para su determinación se toman como referencia varios criterios:

-Correlación de Weimberger (1956): el número de horas bajo 7ºC, puede determinarse mediante el cuadro siguiente, en el que T es la media aritmética de las temperaturas de diciembre a enero.

Tª	13,2	12,3	11,4	10,6	9,8	9	8,3	7,6	6,9	6,3
horas<7ºC	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350

Tabla 31. Correlación Weimberger (Oficina del Regante, 2016).

Tª media Enero	4,99
Tª media Diciembre	4,27
Tª Media	4,63

Tabla 32. Valores de temperatura media.

Para el mes de diciembre tenemos una temperatura media de 4,27 ºC y para el mes de enero de 4,99 ºC, por lo que la temperatura media es de 4,63 ºC. Por lo tanto el número de horas frío es mayor de 1350 horas.

-Correlación de Mota: es el número mensual de horas por debajo de 7ºC, y se calcula mediante la siguiente expresión:

Donde: Y, es el nº de horas frío X, es la temperatura media mensual en ºC.

$$Y = 485{,}1 - 28{,}5 \cdot X$$

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
X	14,4	8,5	4,0	4,8	5,7	9,2	12,5
Y	72,9	242,8	368,8	347,4	320,0	222,9	128,8

Tabla 33. Valores del número de horas de frío y temperatura media mensual (Oficina del Regante, 2016).

El nº de horas frío es la suma de las Y de cada mes, es decir, ∑Y = 1.703,94 horas frío (por debajo de 7ºC).

-Método de Tabuenca: este método es una adaptación de la correlación de Mota al valle del Ebro. Este método calcula las horas frío comprendido entre el día 1 de noviembre y el 1 de abril, mediante la siguiente correlación:

Donde: Y, es el nº mensual de horas frío. X, es la temperatura media mensual en ºC

$$Y = 700{,}1 - 48{,}6 \cdot X$$

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
X	8,5	4,0	4,8	5,7	9,2
Y	287	501,8	465,3	418,7	252,9

Tabla 34. Valores del número de horas de frío y temperatura media mensual (Oficina del Regante, 2016).

El nº de horas frío comprendidas entre el 1 de noviembre y el 1 de abril es la suma de todas las Y (∑Y), que es de 1.925,86 horas frío (por debajo de 7º C).

En la siguiente tabla se indican los requisitos de horas de frío que debe tener el almendro para un correcto desarrollo:

Horas frío (menores a 7 º C)	200 – 550 HF

Pero el almendro no es capaz de brotar inmediatamente después del cumplimiento de horas-frío; se requieren de horas de calor “horas-grado” para provocar la brotación. Este mecanismo de las horas-grado permite a la planta encontrarse aún en estado latente cuando todavía hay riesgo de heladas primaverales después de haberse cumplido las horas-frío necesarias para la brotación.

2.4. Pluviometría

En la zona de estudio las precipitaciones generalmente se producen en primavera y otoño. El verano es seco y caluroso teniendo en cuenta que las medias pluviométricas son muy similares entre invierno, primavera y verano, y que en este último, la lluvia caída no tiene la misma intensidad que en otra época del año; por consiguiente los días de lluvia en verano son menores pero tienen más intensidad. El mes de Abril es el que presenta una mayor pluviometría con una media de 52,23 mm., seguido por Octubre con una media de 51,67 mm. En cambio, Agosto es el mes menos lluvioso, con una precipitación media de 14,18 mm.

Estos meses presentan una gran variabilidad a lo largo de los años en los que algunos llueven mucho y en otros años no ha llovido nada. El mes con el mayor número de días de lluvia es Abril con una media de 8,5 días y el mes que presenta un menor número de días de lluvias es Agosto con 3 días.

Estación	Mes	P.Media	Días de lluvia	Estación %
Otoño	Septiembre	38,61	5,3	34,11
	Octubre	51,67	6,6	
	Noviembre	32,86	6,1	
Invierno	Diciembre	22,3	5,3	16,60
	Enero	18,83	3,9	
	Febrero	18,81	3,3	
Primavera	Marzo	35,81	4,3	33,53
	Abril	52,23	8,5	
	Mayo	33,02	7,6	
Verano	Junio	26,95	4,6	15,76
	Julio	15,75	3,2	
	Agosto	14,18	3	

Tabla 35. Resumen de los valores pluviométricos del año 2005 – 2014 (Oficina del Regante, 2016).

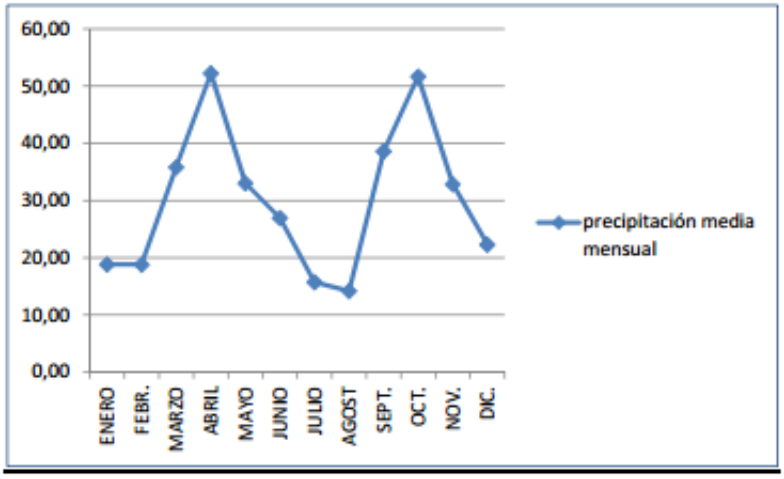
En las siguientes tablas se muestran las precipitaciones medias así como los días de lluvia mensuales del año 2.005 al 2.014:

- <u>Precipitaciones mensuales (mm)</u>

AÑO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ENERO		23,6	8,6	23,8	16,5	44,4	19,4	1,5	33,1	16,3	16,8	30,6
FEBRERO		32	24,3	20,9	10,8	36,5	13,3	0,7	7,3	28,5	21,3	83,6
MARZO		29,1	34,1	8,5	24,5	44,1	90,5	11,9	73,5	31,5	51,4	63,6
ABRIL		35,9	107,5	46,1	75,1	16,7	16,2	72,0	45,4	47,9	0,2	55,5
MAYO		9,1	43,2	83,4	12,7	24,2	35,5	7,9	29,3	31,5	2,9	27,2
JUNIO	24,2	20,3	27,3	34,8	11,4	50,2	0,7	37,7	40,3	22,6	13,1	5
JULIO	38,5	23,9	12,3	5,9	1,7	7,4	6	8,3	18,7	34,8	33,7	12,4
AGOSTO	6,8	0,8	26	10,8	41,2	0,5	4,5	30,2	0	20,7	68,8	0,1
SEPTIEMBRE	29	90,8	16	40,5	56,7	37,3	8,8	18,0	21,4	67,5	28,3	0,2
OCTUBRE	66,4	22,4	7,6	53,6	47	57,5	32,4	162,6	25,9	41,0	13,1	28,3
NOVIEMBRE	19,4	17,3	6,1	32,6	22,2	38,8	51,0	29,7	28,6	88,6	18,9	
DICIEMBRE	26,1	16,1	28,6	38,7	48,8	21,2	5	17,4	15,3	5,5	2,6	

Tabla 36. Precipitaciones mensuales (mm) del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

- Precipitación media mensual (mm)



Gráfica 6. Precipitación media mensual (mm) del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

- Dias de lluvia

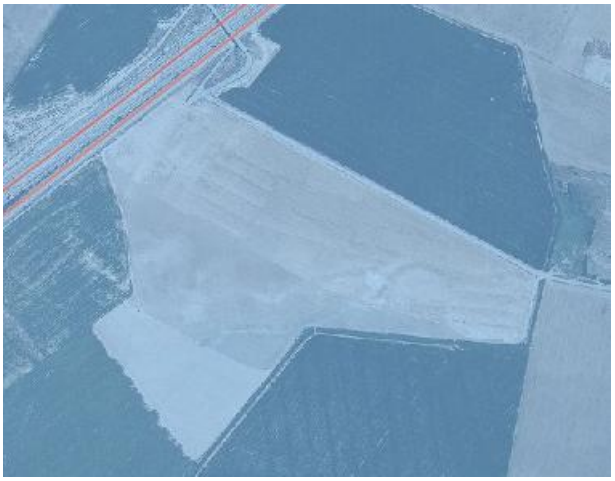
	ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
2005	0	1	5	7	10	6	5	1	8	8	5	2
2006	3	4	3	6	8	5	2	2	4	2	4	7
2007	2	2	3	10	8	4	1	1	5	3	4	5
2008	4	5	2	4	5	6	2	2	5	12	8	5
2009	3	2	1	5	5	2	3	6	4	4	9	5
2010	8	2	2	11	10	5	2	4	6	3	3	4
2011	4	2	8	8	6	1	9	5	4	5	4	1
2012	2	4	3	8	10	6	2	5	7	8	4	6
2013	4	5	9	13	1	5	4	1	5	11	7	4
2014	9	6	7	13	13	6	2	3	5	10	13	14
MEDIA	3,90	3,30	4,30	8,50	7,60	4,60	3,20	3,00	5,30	6,60	6,10	5,30

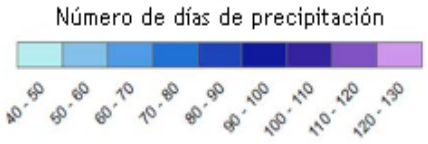
Tabla 37. Número de días de lluvia mensuales del año 2005 – 2014 (Oficina del Regante, 2016).

Estos datos son de gran importancia ya que las precipitaciones son parte del agua necesaria para cubrir las necesidades de los cultivos. Nos permiten conocer la cantidad de agua que puede aportar la lluvia durante el periodo de crecimiento. En nuestro caso las precipitaciones no son suficientes por lo que habrá que aportar agua mediante el riego.

Los días de lluvia nos pueden generar problemas en el momento de polinización del almendro de modo que dependiendo de cuál es el periodo de concentración de las lluvias, podremos valorar este parámetro para elegir una variedad determinada evitando de este modo el periodo de concentración de días de lluvia con el periodo de polinización.

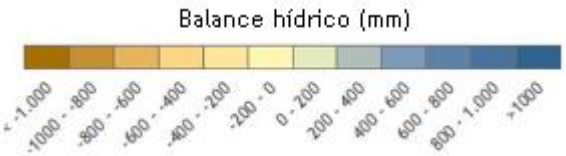
- <u>Número de días de precipitación:</u>





Según la plataforma IDEARAGON y la leyenda podemos afirmar que existen en la parcela unos 60 días de precipitación, asemejándose este valor con los datos de la estación meteorológica.

- <u>Balance hídrico:</u>



Según la plataforma IDEARAGON y la leyenda podemos afirmar que precipitan en la parcela unos 400 mm de media, asemejándose este valor con los datos de la estación meteorológica.

- Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

Como primera aproximación, Brouwer y Heibloem, proponen las siguientes fórmulas para su aplicación en áreas con pendientes inferiores al 5 %. Así en función de la precipitación caída durante el mes tenemos:

- Pe = 0.8 P - 25 Si: P > 75 mm/mes
- Pe = 0.6 P - 10 Si: P < 75 mm/mes

Donde:

P = precipitación mensual (mm/mes)

Pe = precipitación efectiva (mm/mes)

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		8,8	0,6	9,0	3,0	18,9	4,2	0	8,4	2,9	7,5	14,2
Febrero		17,7	9,2	3,4	2,8	12,8	3,3	0	0,0	4,1	4,5	43,9
Marzo		10,5	15,9	0,9	10,1	20,9	48,4	7	33,7	11,3	26,8	35,4
Abril		18,4	55,8	17,8	41,4	5,6	7,8	37,5	17,8	23,9	0	24,9
Mayo		1,2	21,3	37,5	0,7	5,5	16,4	0	10,0	15	0,1	10,1
Junio	13,5	7,0	10,7	16,9	3,5	26,7	0	18,5	20,8	11,5	2,8	0
Julio	20,1	11,8	5,0	0,0	0	2,8	0,3	1,6	5,2	15,1	18,9	2,9
Agosto	2,1	0	9,8	1,2	20,9	0	0	18,5	0	10,8	36,4	0
Septiembre	16,2	51,0	9,2	21,9	33,2	17,5	2,1	5,8	11,2	35,6	15,0	0
Octubre	32,5	7,3	3,8	24,9	25,2	28,0	18,5	90,7	9,7	20,2	0	11,6
Noviembre	7,4	6,6	2,6	16,0	7,6	18,4	23,7	13,7	13,9	40,0	8,5	
Diciembre	9,6	6,4	12,9	12	21,0	4,8	1,2	6,2	4,5	1,1	0	

Tabla 38. Precipitaciones efectivas mensuales (mm) del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

2.5. Humedad relativa

La humedad relativa es un dato necesario para el cálculo de la ETo (Evapotranspiración del cultivo de referencia), y por lo tanto para el cálculo de la ETC (Evapotranspiración del cultivo). La ETC nos servirá para conocer las necesidades de riego. En las siguientes tablas se recogen las humedades relativas máximas, mínimas y medias para cada mes.

- Humedad relativa media

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		86,6	85,7	87,8	86,5	80,9	83,7	77,6	78,1	82,0	82,0	85,1
Febrero		76,0	78,6	81,9	76,4	78,0	71,8	52,1	69,9	74,8	76,3	77,8
Marzo		72,8	67,8	65,7	68,1	69,8	74,0	59,3	73,5	68,1	71,8	74,4
Abril		66,7	75,0	67,1	71,0	69,5	66,9	68,4	67,7	66,1	68,2	73,5
Mayo		55,8	60,5	73,1	61,6	61,9	61,0	62,1	67,5	59,3	59,3	70,3
Junio	53,8	52,3	56,5	63,2	51,9	60,7	57,0	54,8	60,3	56,9	58,6	54,7
Julio	51,5	51,7	49,9	56,9	51,3	53,9	52,9	53,1	58,7	58,8	53,3	53,3
Agosto	55,9	52,2	55,7	58,1	58,6	54,7	59,3	52,7	59,7	65,5	66,3	54,4
Septiembre	61,5	69,1	61,4	65,7	65,6	67,0	65,0	61,2	63,8	74,6	69,6	64,9
Octubre	79,0	78,5	67,1	75,9	67,4	72,7	69,4	74,7	70,8	78,3	76,6	73,4
Noviembre	81,5	84,1	64,7	80,5	80,5	80,6	90,2	80,9	68,2	89,3	86,3	
Diciembre	85,5	88,5	80,7	85,5	83,8	79,6	80,0	78,4	82,8	80,8	92,7	

Tabla 39. Humedad relativa media del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

- Humedad relativa maxima

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		100	100	100	99,8	99,6	99,1	100	96,9	97,2	100	100
Febrero		100	100	100	100	99,1	97,6	95,8	96,8	95,2	100	100
Marzo		100	100	98,4	100	98,1	97,8	99,2	96,9	95,9	100	100
Abril		99,8	100	98,7	100	97,2	97,3	100	96,2	95,4	100	100
Mayo		99,5	100	98,9	99,5	97,7	98	100	96,4	95,6	98,8	100
Junio	96,3	96,2	98,3	98,2	95,7	96,5	96,7	100	96	99,9	100	100
Julio	96,8	96,6	97,3	97,3	95,7	93,1	91,6	99,5	95	100	100	95,7
Agosto	94	100	99,3	96,1	97,2	98,9	99,5	97,1	93,9	100	100	93,7
Septiembre	98,3	100	98,8	98	97,6	100	100	97,2	95,6	100	100	98,1
Octubre	99,6	100	99,4	97,9	98,3	100	100	98,4	96,4	100	100	98,7
Noviembre	99,3	100	99,2	99,5	99,2	100	100	99,1	95	100	100	
Diciembre	100	103	100	99,6	100	100	100	97,8	96,9	100	100	

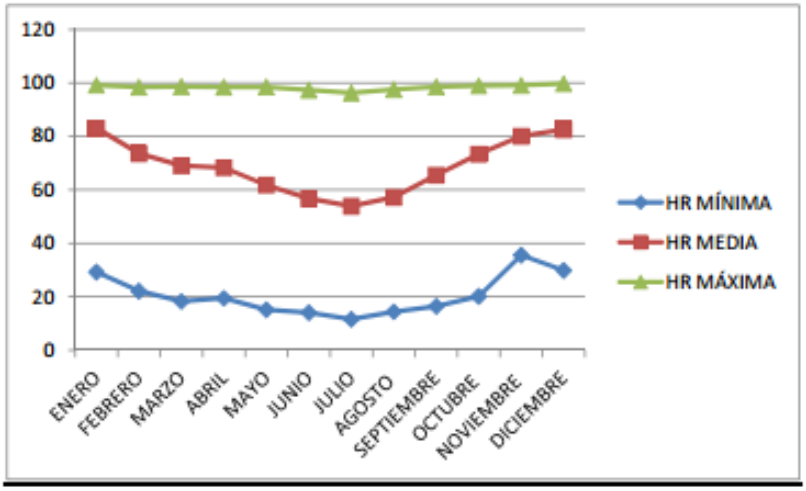
Tabla 40. Humedad relativa máxima del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

- Humedad relativa minima

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		36,0	29,8	42,0	44,3	31,3	28,2	28,1	27,3	42,9	24,8	38,4
Febrero		24,7	16,0	30,0	30,8	30,0	23,2	9,7	23,6	37,9	26,0	31,8
Marzo		24,2	12,1	12,4	11,7	12,9	22,9	15,2	32,7	22,7	16,0	24,8
Abril		24,0	21,5	13,8	16,6	19,1	19,2	22,1	17,5	13,2	21,2	25,9
Mayo		12,2	13,3	15,5	12,7	17,7	14,3	18,4	20,4	14,7	15,3	18,5
Junio	14,1	9,8	15,2	16,4	9,4	12,5	10,5	12,8	21,9	18,4	14,2	14,5
Julio	9,2	12,0	10,9	13,2	11,7	12,6	11,3	8,4	12,8	14,1	11,5	14,2
Agosto	12,5	11,7	12,5	10,5	12,2	12,1	17,4	9,1	23,1	23,3	16,9	15,9
Septiembre	11,8	22,1	14,9	15,3	22,5	14,5	14,5	16,4	18,4	14,3	18,3	17,1
Octubre	18,1	31,1	21,1	18,3	11,4	18,8	14,9	27,9	24,1	16,2	28,1	18,8
Noviembre	41,3	39,6	12,2	26,2	39,9	38,1	53,0	33,8	26,2	45,5	33,2	
Diciembre	38,4	39,4	28,5	41,3	24,0	27,2	32,6	33,7	34,1	25,8	43,4	

Tabla 41. Humedad relativa mínima del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

En la siguiente tabla se observa que la humedad relativa media anual está por encima del 53%; los meses de mayor y menor humedad relativa media son diciembre (99,79%) y julio (11,67%) respectivamente.



Gráfica 7. Resumen de los valores de humedad relativa del año 2005 al 2016 (Oficina del Regante, 2016).

2.6. Viento

Los vientos predominantes son el Cierzo y el Bochorno, con direcciones W-NW y E-SE respectivamente, siendo el Cierzo el que suele soplar con mayor frecuencia. Los datos sobre las frecuencias con las que suelen soplar los diferentes vientos, se muestran a continuación.

El sumatorio del número de veces que ha soplado el viento en una dirección dividido por los doce meses del año da el porcentaje de veces que se ha obtenido con respecto al resto de direcciones.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA
ENE	1,00	5,60	5,30	1,80	5,00	7,60	8,40	25,00	40.3
FEB	2,30	12,50	14,00	4,60	3,30	5.2	11,00	32.4	14.7
MAR	3,50	10,80	12,50	5,00	2,90	6.1	8.4	31.4	19.4
ABR	2,60	13,40	15,00	3,60	0,80	5,00	9.6	38.4	11.6
MAY	2,80	16,40	17,30	3,80	4,20	7,00	9.6	30.2	8.7
JUN	3,00	9,30	16,80	11,00	3,10	4.3	13.7	28,00	10.8
JUL	2,30	1,50	22,40	24,80	1,50	5.8	17.3	17.2	7.2
AGO	0,50	2,80	29,00	11,00	3,50	2.1	5.6	31.2	14.3
SEP	3,00	8,50	30,00	7,90	2,50	3.5	7.5	21.1	16
OCT	2,30	10,80	18,60	5,40	3,90	7.4	8.7	23.7	19.2
NOV	0,80	7,10	9,70	4,20	7,20	5.7	9.2	25.7	30.4
DIC	1,70	7,80	5,80	2,30	3,20	3.9	11.8	24.5	39
% AÑO	2,20	8,90	16,40	7,12	3,43	5,30	10,10	27,40	19,30

Tabla 42. Las frecuencias con las que soplan las diferentes direcciones de vientos (Oficina del Regante, 2016).

El total es del 80.7% por lo que el periodo de calma es de 19.3%.

2.7. Radiación

Los valores de radiación expresados en (MJ/m^2) vienen reflejados en la siguiente tabla:

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		5,7	6,3	6,4	6,4	6,4	6,8	8,2	8,4	6,6	7,3	6,1
Febrero		10,4	9,7	9,8	11,3	9,4	12,5	13,9	12,3	9,5	11,6	10,5
Marzo		14,7	16,3	15,6	17	15,1	15,4	18,3	14,7	16,5	15,3	15,5
Abril		20,7	18,3	19,6	19,3	20,3	22,3	18,0	19,8	21,1	21,8	19,9
Mayo		24,5	23,4	19,2	24,9	25,3	25,6	25,6	24,0	24,0	25,8	23,8
Junio	24,5	26	26,1	25,5	25,8	26,6	28,0	27,5	26,1	27,7	27,3	27,9
Julio	27,4	26,4	26,3	26,2	27,8	28,6	29,3	28,4	26,5	27,4	26,7	26,8
Agosto	22,5	23,5	22,9	22,9	24,5	25,1	24,3	24,6	23,8	23,6	23,8	24,3
Septiembre	18,4	16,4	18,2	16,9	18,9	18,5	19,9	18,2	18,7	17,2	18,4	18,7
Octubre	10,4	11,1	13,2	10,8	13,1	13,5	13,1	12,0	12,5	12,2	12,7	12,5
Noviembre	7,8	6,4	9,6	7,9	7,5	9,0	5,9	7,8	8,9	6,8	6,8	
Diciembre	6,3	6,01	5,9	4,7	5,3	6,3	7,2	7,0	6,0	6,6	5,5	

Tabla 43. Valores de radiación (MJ/m^2) del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

2.8. ETo

La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua pasa de fase líquida a fase de vapor, desde la superficie a la atmósfera. El agua puede evaporarse desde una gran variedad de superficies tales como suelos, lagos, ríos y vegetación húmeda. Este cambio de fase requiere un aporte de energía, proporcionado fundamentalmente por la radiación solar y en menor grado, por el aire que circunda la superficie evaporante.

La evaporación de referencia se refiere a la que tienen una superficie en óptimas condiciones de crecimiento y bajo un adecuado suministro de agua.

En el presente estudio, se han tomado los valores de ETo proporcionados por la Estación meteorológica de Tardienta que ha empleado el método de Penman-Monteith. Este método combinó el balance energético con el método de la transferencia de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de horas sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad de viento.

La ecuación es la siguiente:

$$ETo = 0{,}0023 \times Ra \times (T_{media}+17{,}8) \times (T_{max} - T_{min})^{1/2}$$

Siendo:

- Ra: Valor medio mensual de la radiación extraterrestre.
- T_{media}: Valor de la temperatura media mensual.
- $T_{maxima:}$ Valor de la temperatura media máxima mensual.
- T_{minima}: Valor de la temperatura media mínima mensual.

Los siguientes datos empleados para el cálculo de la ETo para cada mes se ven reflejados en las siguientes tablas.

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero		25,7	29,0	26,6	27,4	31,9	26,4	45,9	39,0	35,1	33,7	28,6
Febrero		41,5	45,5	37,9	48,2	39,6	58,5	76,1	55,6	42,8	43,	48,2
Marzo		82,0	91,2	96,8	91,3	76,5	76,3	98,5	72,9	87,4	79,1	79,2
Abril		118,5	95,0	116,6	104,6	105,1	124,2	100,4	112,8	122,3	110,4	100,4
Mayo		171,7	161,7	118,1	165,6	158,6	166,5	160,9	132,6	155,1	164,4	141,6
Junio	116,9	197,0	178,4	170,0	190,4	177,7	189,8	196,3	176,0	190,2	174,	193,5
Julio	222,0	220,5	221,7	196,2	226,2	223,6	217,8	215,2	188,7	206,4	201,8	213,6
Agosto	193,8	211,6	187,8	176,4	180,	193,4	177,4	196,1	176,	164,6	167,	192,5
Septiembre	122,7	112,6	127,3	115,3	120,3	117,1	127,2	129,2	126,3	108,4	111,9	122,1
Octubre	63,8	69,7	89,1	65,6	93,3	78,3	79,9	71,4	77,8	69,3	68,6	56,5
Noviembre	37,5	33,3	61,2	40,1	38,5	41,7	27,2	36,4	64,0	28,0	36,3	
Diciembre	23,2	20,1	33,7	26,6	26,7	26,3	36,3	33,9	21,4	36,4	15,0	

Tabla 44. Valores de ETo (mm) del año 2005 – 2016 (Oficina del Regante, 2016).

Anejo 2: Análisis de suelo

1. Introducción

En el presente Anejo se va a proceder a realizar un análisis de suelos de la parcela en cuestión con el fin de determinar el grado de adecuación de este terreno para la ejecución de una plantación de Almendros.
La parcela a transformar se encuentra ubicada en el término municipal de Almudevar que dispone de una superficie de 201,5 Km^2, siendo la mayor parte de esta dedicada a la explotación agrícola. El municipio pertenece a la provincia de Huesca y se encuentra en la región de los Llanos de la Violada a 456 msnm.
Como ya se ha mencionado en el estudio climático de dicho trabajo, la parcela está influenciada por unas condiciones climáticas semiáridas en las que las evapotranspiración potencial es mucho mayor que las precipitaciones la mayor parte del año dan lugar a suelos en general poco evolucionados pues la meteorización es poco intensa y las reacciones químicas progresan con lentitud debido a la escasez de agua. Por el contrario, dicha parcela al pertenecer a la "zona verde" de regadíos de Almudevar, se trata de una parcela en la que sus propiedades físicas y químicas han sido mejoradas progresivamente debido a la implementación de cultivos con mayor interés edáfico y a la aportación de enmiendas de suelo debido al interés del promotor por mejorar las propiedades del suelo.

2. Análisis de suelo

Para el análisis de suelo se han obtenido cinco sub muestras de suelo de la finca. Para estudiar de la forma más ajustada la interacción suelo-planta, la profundidad a la que se han obtenido las muestras es de 50 cm. Este muestreo se realiza siguiendo un recorrido en *zig- zag* cambiando de dirección en cada muestra para obtener una muestra lo más homogénea posible.
Dicho análisis ha sido llevado a cabo por el laboratorio agroambiental a fecha 10-03-2012.

2.1. Análisis de la muestra

Análisis	Resultados/ Unidades	Método de análisis	Interpretación
CC	21%	-	-
PMP	10,5%	-	-
Humedad	< 1,0 %	Gravimetría/PA-003	
pH	> 8,2	Potenciometría/PA-004	Moderadamente básico
Conductividad eléctrica	0,18 dS/m	Conductimetría/PA-005	No limitante
Materia orgánica	1,68 %	Titulación potenciométrica	Medio-bajo
Carbonatos	43 %	Potenciometría	Extremadamente calcáreo
Caliza activa	5 % p/p		Medio
Fósforo	21 mg/kg	Espectrometría UV-VIS	Alto
Potasio	1,21 meq/100 g	Espectrometría ICP-OES	Alto
Calcio	7054 mg/kg	Espectrometría ICP-OES	Alto
Magnesio	146 mg/kg	Espectrometría ICP-OES	Normal
Sodio	20 mg/kg	Espectrometría ICP-OES	Normal
Arena total	46,10%	Gravimetría	
Limo grueso	13,20%	Gravimetría	
Limo fino	22,60%	Gravimetría	
Arcilla	18,10%	Gravimetría	
Clase textural usda			Franca
Nitrógeno elemental	0,11 %	Análisis elemental	

Tabla 45. Resultados del análisis de suelo (Laboratorio Agroambiental, 2012).

Donde:

- CC : Capacidad de campo.
- PMP : Punto de marchitez permanente.

3. Análisis de los resultados

3.1. Textura

La siguiente tabla recoge las diferentes texturas de suelos, según el US Department Agriculture (USDA).

Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	
Textura gruesa	86-100	0-14	0-10	Arenoso	Suelos arenosos
	70-86	0-30	0-15	Arenoso - franco	
Textura mod. Gruesa	50-70	0-50	0-20	Franco - arenoso	Suelos francos
Textura media	23-52	28-50	07-27	Franco	
	20-50	74-88	0-27	Franco - limoso	
	0-20	88-100	0-12	Limoso	
Textura mod. Fina	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso	
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso	
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso	
Textura Fina	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso	Suelo arcilloso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso	
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso	

Tabla 46. Clasificación de los suelos según textura (Fuente: INEA).

Según la escala USDA, las fracciones limo-arcilla-arena de nuestro suelo corresponden a una textura franca.

3.2. pH

Ph	Clasificación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Moderadamente básico
8,5 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 – 10,0	Alcalino
> 10,0	Fuertemente alcalino

Tabla 47. Clasificación de los suelos según su pH (Báscones, 2010).

Según la tabla, nuestro suelo es moderadamente básico – ligeramente alcalino ya que el valor obtenido del análisis de suelo es de 8,2.

3.3. Conductividad eléctrica (CE) 1/5 agua

CE (mmhos/cm)	Influencia sobre los cultivos
< 0,35 Inapreciable	(todos los cultivos la soportan)
0,35 –0,65 Ligera	(afecta a cultivos muy sensibles)
0,65 –1,15	Media (tomar precauciones con cultivos sensibles)
> 1,15 Intensa	(sólo deben cultivarse especies resistentes)

Tabla 48. Influencia de la conductividad eléctrica del suelo en los cultivos (Báscones, 2010).

De acuerdo con la tabla, el valor de la conductividad eléctrica hace que el suelo tenga una influencia inapreciable sobre los cultivos ya que el valor obtenido del análisis de suelo es de 0,18 dS/m.

3.4. Materia orgánica (%)

Para su clasificación se ha seguido el método de Walkley –Black (1934).

Materia orgánica (%)	Nivel
< 0,9	Muy bajo
1,0 – 1,9	Bajo
2,0 – 2,5	Normal
2,6 – 3,5	Alto
> 3,6	Muy alto

Tabla 49. Niveles de materia orgánica en el suelo (Báscones, 2010).

Según la clasificación de Walkley –Black, el suelo tiene un bajo de materia orgánica ya que el valor obtenido del análisis de suelo es del 1,68%.

3.5. Carbonatos (%)

% de Carbonatos	Nivel
0 – 5	Muy bajo
5 – 10	Bajo
10 – 20	Normal
20 – 40 Alto	Alto
> 40	Muy alto

Tabla 50. Niveles de carbonatos en el suelo (Báscones, 2010).

Según la tabla interpretativa, el suelo tiene un contenido muy alto en carbonatos ya que el valor obtenido del análisis de suelo es del 43%.

3.6. Caliza activa (%)

Se conoce como la fracción más fina de caliza, se acota superiormente en 50 micras y por ser la más fina es la más químicamente activa.
Su determinación es muy importante porque los cultivos pueden experimentar alteraciones cuando su contenido en suelo es muy alto o muy bajo.

- Si su contenido es elevado: Pueden inmovilizarse elementos nutritivos en el suelo o interferir en la asimilación del hierro y provocar una clorosis férrica.
- Si su contenido es bajo: Las plantas presentan deficiencias de desarrollo.

En la siguiente tabla se muestran los datos de referencia para clasificar este parámetro:

Clasificación	**% p/p**
Bajo	Caliza ≤ 3
Medio	3 < caliza < 6
Alto	6 < caliza < 9
Muy alto	Caliza ≥ 9

Tabla 7: Clasificación d los niveles de caliza activa (Báscones, 2010).

Según nuestro análisis de suelo, tenemos un nivel medio de caliza activa con 5% p/p.

3.7. Fósforo asimilable (mg/kg)

El contenido de fósforo asimilable se ha evaluado según el método Olsen.

MG/Kg. de fósforo asimilable	Nivel
0 – 6	Muy bajo
6 – 12	Bajo
12 – 18	Normal
18 – 30	Alto
> 30	Muy alto

Tabla 8. Niveles de fósforo asimilable (Báscones, 2010).

Según el método Olsen, el suelo tiene un nivel muy alto de fósforo asimilable ya que el valor obtenido del análisis de suelo es de 21 mg/kg.

3.8. Potasio de cambio (meq/100 g)

Potasio de cambio (mek/100 g)	Nivel
0,00 – 0,30	Muy bajo
0,30 – 0,60	Bajo
0,60 – 0,90	Normal
0,90 – 1,50	Alto
1,50 – 2,40	Muy alto

Tabla 9. Niveles de potasio de cambio (Báscones, 2010).

De acuerdo con la tabla, el suelo tiene contenido de potasio alto ya que el valor obtenido del análisis de suelo es de 1,21 meq/100g.

4. Reserva máxima de agua en el suelo.

A partir de los valores de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez (PMP) mostrados en el análisis de suelo se procede a calcular la reserva máxima de agua en el suelo.

HORIZONTE DE ANALISIS	
CC (%)	PMP (%)
21	10,5

Tabla 51. Capacidad de Campo (CC) y Punto de marchitez permanente (PMP).

La reserva máxima de agua del suelo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Reserva\ máxima = \sum \left(\frac{CC - PMP}{100} \right) \cdot p_a \cdot h \cdot 1000$$

En donde,

- CC: es la capacidad de campo, expresada en % en peso
- p_a: es la densidad aparente del suelo. A falta de datos concretos, se tomará 1,41 g/cm^3
- h: es la profundidad efectiva de las raíces. En el caso del almendro, h=1 m.

Sustituyendo en la formula expuesta, la reserva máxima de agua, en mm de H_2O para el primer horizonte del suelo es:

$$Reserva\ máxima = \left(\frac{21 - 10{,}5}{100}\right) \cdot 1{,}41 \cdot 1 \cdot 1000$$

$$Reserva\ máxima = 148{,}05\ \text{mm}$$

El momento en el que la planta empieza a sufrir estrés es a partir de que se haya consumido 1/3 del agua útil o reserva máxima por tanto, la reserva útil del suelo (Rd) será de:

$$Rd = \frac{Reserva\ máxima}{3}$$

$$Rd = \frac{148{,}05}{3} = 49{,}35\ mm$$

En el balance hídrico, el valor de reserva máxima será 49,35 mm.

5. Conclusión

El suelo de nuestra finca es apto para el cultivo del almendro. Debido a los niveles bajos de materia orgánica realizaremos una enmienda orgánica al suelo con el fin de aumentar estos niveles previamente a la implantación del cultivo.

Posteriormente, la fertilización se realizará atendiendo a las extracciones y los resultados obtenidos por este ensayo (corrigiendo los niveles de materia orgánica en función de las aportaciones realizadas).
El mayor problema lo representa el alto contenido en carbonatos que condicionan el pH ligeramente alto. Para evitar problemas de clorosis férrica se aplicaran quelatos de hierro si aparecen síntomas. La elección del patrón condicionara la sensibilidad del árbol a la clorosis por lo que se elegirá un patrón resistente.

Anejo 3: Análisis de agua

1. Análisis de agua

A continuación, en la siguiente tabla se muestran los parámetros medios más relevantes que ha analizado la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en el canal de Monegros en el término de Almudevar, desde octubre de 2012 hasta septiembre de 2015.

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Media
	CE	µS /cm	380
	pH		8,3
Iones en solución			
Calcio	Ca	mg/l	50,1
Magnesio	Mg	mg/l	10,43
Sodio	Na	mg/l	14,79
Potasio	K	mg/l	2,15
Amonio	NH4	mg/l	0,01
Cloruro	Cl	mg/l	19,16
Sulfato	SO4	mg/l	43,8
Alcalinidad	HCO3+CO3	mg/l CaCO3	128,52
Nitrato	NO3	mg/l	2,82
Fosfato	PO4	mg/l	0,06
Sólidos en suspensión		mg/l	41,27

Tabla 1. Parámetros medios analizados en las aguas del canal de Monegros en el término municipal de Almudevar (Fuente: CHE).

2. Calidad del agua de riego

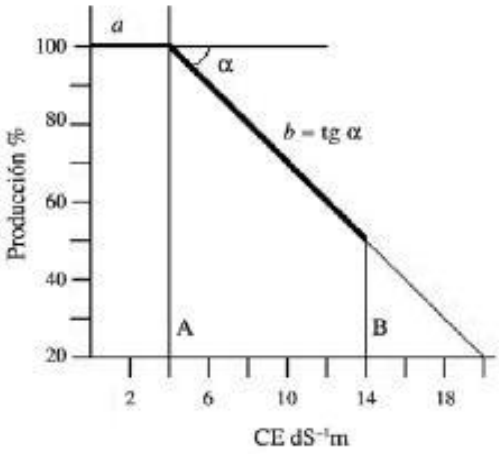
El tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene efectos importantes, a corto plazo influye en la producción, calidad y tipo de cultivo y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente inservible para la agricultura. Sea cual sea el origen del agua debe de cumplir la calidad que se exige a una agua de riego la cual es mostrada en la siguiente tabla.

Parámetros	Unidad	Intervalo óptimo
Salinidad		
Contenido en sales		
Conductividad eléctrica	dS/cm	0-3000
Materia disuelta total	mg/l	0-2000
Cationes y aniones		
Calcio	mg/l	0-400
Magnesio	mg/l	0-60
Sodio	mg/l	0-900
Carbonatos	mg/l	0-3
Bicarbonatos	mg/l	0-600
Cloruros	mg/l	0-1100
Sulfatos	mg/l	0-1000
Diversos		
Boro	mg/l	0-2
pH	-	6,5-8,5
SAR	-	0-15

Tabla 2. Rango óptimo de algunos parámetros que indican una buena calidad para el agua de riego (Mujeriego, 1990).

La calidad del agua de riego se define en función de 3 criterios principalmente: salinidad, sodicidad y toxicidad. Los cuales van a ser analizados a continuación.
Los suelos afectados por sales son aquellos que presentan una acumulación de sales más solubles que el yeso, en concentración suficiente para interferir en el crecimiento de la mayoría de plantas no especializadas (suelos salinos). Su cuantificación se basa en una estimación indirecta del contenido de sales solubles del suelo a través de la medida de conductividad eléctrica (C.E) que presenta el extracto acuoso del suelo (CEe). Consideraremos que un suelo es salino cuando el valor de conductividad del extracto acuoso del suelo sea mayor de 4 dS/m.

Mass y Hoffman, han encontrado que entre la salinidad del suelo y la producción de los cultivos existe una relación lineal mostrada en la imagen, que se expresa por la siguiente fórmula:



Gráfica 1. Relacción lineal de la producción y salinidad de un cultivo según Mass y Hoffman.

Fórmula que relaciona la producción de los cultivos (%), con la salinidad (dS/m):

P = 100 – b (CEe – a) 100

Donde:

- P = Producción del cultivo en % respecto al máximo.
- CEe = Salinidad del suelo expresada como conductividad eléctrica del extracto de saturación y medida en mmhos/cm.
- a y b = dos parámetros, cuyos valores son constantes para cada cultivo.

El parámetro “a” se puede definir por tanto como el valor umbral de la salinidad para el cultivo. En el caso del almendro tenemos los siguientes datos obtenidos al aplicar la formula de Maas-Hoffman:

	A	b	Valores de CE (mmhos/cm) para una P (%) de				
			100	90	75	50	0
Almendro	1,5	19,23	1,5	2	2,8	4,1	7

Tabla 3. Valores de CEe (mmhos/cm) para una P (%) en almendro (Fuente: Pizarro, F. "Riegos Locaizados de Alta Frecuencia").

Los suelos afectados por sales también pueden ser aquellos que contienen suficiente sodio intercambiable para afectar a los cultivos y la estructura de los suelos (suelos sódicos), cuantificable de forma indirecta a partir de la Relación de Adsorción de Sodio:

$$RAS= Na^{+}_{sol} / [(Ca^{++}_{sol} + Mg^{++}_{sol})/2]1/2$$

Donde:

- Na^{+}_{sol}, Ca^{++}_{sol}, Mg^{++}_{sol}, se corresponde con la concentración de iones en solución o solubles (mmol/l).

El criterio de toxicidad estudia los problemas que pueden crear determinados iones.

En cada caso lo que se valora es el riesgo potencial del uso del agua, es decir, la mayoría de las aguas consideradas peligrosas tienen un contenido de sales que en sí mismo no es demasiado perjudicial, el problema se presenta cuando esas aguas evolucionan en el suelo. Ya que la evapotranspiración disminuye la humedad del suelo pero prácticamente no elimina sales, de forma que la solución del suelo se hace más salina a medida que el suelo se seca.

Por tanto, un agua que inicialmente tenga una concentración salina aceptable puede alcanzar valores elevados. Pero, además, al concentrarse las sales, algunas de ellas pueden alcanzar su límite de solubilización y precipitar, retirando de la solución del suelo determinados cationes y alterando las proporciones iniciales. Esto puede ocurrir con las sales de calcio de baja solubilidad, lo que tiene como consecuencia un aumento de la proporción de sodio en el agua del suelo y del PSI del mismo.

2.1 Salinidad

Los índices que a continuación vamos a analizar pretenden evaluar la posibilidad de que el agua de riego evolucione en el suelo creando algunos de los problemas anteriormente citados.

Como se ha citado anteriormente, el valor más frecuente para analizar este parámetro es la CE.

2.1.1. Clasificación de Richards

Richards, del U.S. Salinity Laboratory (Riverside, California) estableció una clasificación del agua de riego en función de su CE (k), expresada en µS/cm.

Clasificación de acuerdo al riesgo de salinidad		
250>k>100	Bajo	Se usa en la mayoría de cultivos y suelos
750>k>250	Medio	Se usa si existe riesgo moderado de lavado de suelo
2250>k>750	Alto	No usar en suelos con drenaje deficiente
k>2250	Muy alto	No apropiado para riego en condiciones normales

Tabla 4. Clasificación de acuerdo al riesgo de salinidad según Richards.

La conductividad eléctrica de nuestra agua de riego es de 380 µS /cm que equivale a un índice de salinidad medio.

2.2. Sodicidad

Este parámetro muestra la influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo, afectando a la permeabilidad, estructura e infiltración del mismo.

2.2.1. SAR

Los efectos de la relación de absorción de sodio (SAR) no dependen solo de la concentración en sodio sino también del resto de cationes. Se basa en una fórmula empírica que relaciona los contenidos de sodio, calcio y magnesio y que expresa el porcentaje de sodio de cambio en el suelo en situación de equilibrio (este índice denota la proporción relativa en que se encuentra el sodio respecto al calcio y magnesio, cationes divalentes que compiten con el sodio por los lugares de intercambio del suelo).

$$SAR= Na / ((Ca+Mg)/2)^{1/2})$$

Se consideran suelos afectados por sodicidad aquellos que superan el valor de SAR=15.

Cálculo:
Ca^{+2} = 50,1 mg/l
Mg^{+2} = 10,43 mg/l
Na^{+} = 14,79 mg/l

$$SAR= 14,79 / ((50,1+10,43)/2)^{1/2}) = 2,68$$

Con el valor de SAR=2,68 podemos afirmar que no existe riesgo de sodicidad, dado que no se aproxima al límite marcado de SAR=15.

2.3. Toxicidad

La toxicidad es un problema que se produce cuando determinados iones, absorbidos principalmente por las raíces, se acumulan en las hojas mediante la transpiración, llegando a alcanzar concentraciones nocivas. Los iones tóxicos más frecuentes y, por tanto, con los que más cuidado hemos de tener son el cloro, sodio y boro. Para evaluar el riesgo de que un agua de riego sea tóxica, seguimos la clasificación de la FAO.

Iones (meq/l)	Inexistente	Problema creciente	Problema grave
Sodio	<3	3 a 9	>9
Cloro	<4	4 a 10	>10
Boro	<0,7	0,7 a 2	>2

Tabla 5. Clasificación de toxicidad según FAO. Calidad agronómica de las aguas de riego. (Cánovas, 1986).

Hay que tener en cuenta que los datos de la Tabla 5 están expresados en meq/l, de modo que para pasarlos a mg/l, calculamos los mg mediante la siguiente expresión:

$$mg = mEq \times \frac{Peso\ atómico}{valencia}$$

Según nuestro análisis de agua:

Sodio	mg/l	14,79
Cloro	mg/l	19,16
Boro	mg/l	0

Tabla 6. Valores de algunos parámetros que indicas el grado de toxicidad del agua.

Comparando estos valores de nuestro análisis con los de la tabla 5, deducimos que no existe riesgo de toxicidad en el agua de riego.

2.4. Otras clasificaciones

2.4.1. Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio.

El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

La unidad de medida de la dureza que se utiliza más habitualmente son los grados hidrométricos franceses (ºF).

La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende fundamentalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación.

Las aguas subterráneas que atraviesan acuíferos carbonatados (calizas) son las que presentan mayor dureza y dichos acuíferos están formados por carbonatos de calcio y magnesio.

Según la dureza de un agua, se puede clasificar en:

Tipo de agua	Grados hidrotimétricos franceses
Muy blanda	<7
Blanda	7 a 14
Semiblanda	14 a 22
Semidura	22 a 32
Dura	32 a 54
Muy dura	>54

Tabla 7. Clasificación del agua según su dureza (Fuente: Junta de Extremadura, 1992).

El cálculo de la dureza del agua se realiza mediante la siguiente expresión:

$$ºF = \frac{(Ca(mg/l)\times 2,5)+(Mg(mg/l)\times 4,12)}{10}$$

Sustituyendo los valores de Ca^{+2} y de Mg^{+2} de nuestro análisis de aguas, obtenemos:

Ca^{+2} = 50,1 mg/l
Mg^{+2} = 10,43 mg/l

$$ºF = \frac{(50,1\times 2,5)+(10,43\times 4,12)}{10} = 16,82$$

Dado a que nuestra agua tiene una dureza de ºF= 16,82, podemos afirmar que es un agua semiblanda, la cual es apta para el riego del cultivo del almendro.

2.5. Conclusión

Tras el análisis de los parámetros anteriores, podemos concluir diciendo que el agua de riego que disponemos para el cultivo del almendro es óptima.
Esto es debido a que el agua no tiene problemas de salinidad, sodicidad, toxicidad y ningún otro parámetro analizado como puede ser la dureza.
Los análisis llevados a cabo son complejos porque la evolución no depende solo de la composición del agua, sino también de cómo se maneje (frecuencia de riego, frecuencia de lavado, etc.) y del suelo (tipo de textura) ya que intervienen fenómenos de cambio de cationes.

Anejo 4: Características de plantación

1. Elección varietal

La disponibilidad de material vegetal de calidad es un factor básico el establecimiento de las nuevas plantaciones.
A lo largo de estas últimas décadas, los centros de investigación (CITA, IRTA, CEBAS-CSIC) han generado nuevas variedades con caracteres mejorados sobre aspectos como época de floración, resistencia a plagas y enfermedades, calidad del fruto, producción, etc. En definitiva se ha tratado de conseguir variedades que faciliten y mejoren su manejo, producción y calidad del fruto.
Estos cambios se comenzaron en la década de los 90, con la difusión de variedades obtenidas en los programas de mejora de Francia ('*Ferraduel', 'Ferragnès', 'Lauranne'*, etc.) y España *('Guara', 'Antoñeta', 'Marta', 'Francolí', 'Glorieta', 'Masbovera'*, etc.).
Recientemente han aparecido nuevas variedades españolas con características muy interesantes, que han empezado a difundirse con rapidez en las plantaciones españolas.
Entre estas cabe destacar '*Constantí', 'Marinada', 'Tarraco' y 'Vairo'* (IRTA), '*Belona', 'Soleta'* y muy recientemente '*Mardía' y 'Vialfas'* (CITA) y '*Penta' y 'Tardona'* (CEBAS-CSIC).
La tendencia de estas nuevas variedades es a ser, autofértiles y de floración tardía, para asegurar de este modo unas producciones elevadas y estables.

1.1. Descripción del almendro, requerimientos climáticos y edafológicos

En cuanto a la clasificación botánica del almendro, este pertenece a la familia de las *Rosáceas* y la especie *Prunus dulcis*.

Algunos caracteres de interés para la clasificación botánica de esta especie son;

- Hojas con nerviación pinnada, forma geométrica lanceolada, borde aserrado e inserción peciolada.
- La flor es de sexo hermafrodita.
- El cáliz posee 5 piezas, concrescencia dialisépala y simetría actinomorfa.
- La corola posee 5 piezas, concrescencia dialipétala, simetría actinomorfa y color blanco-rosado.

- Posee de 15 a 40 estambres pero siendo estos siempre múltiplos de 5, son de concrescencia libres, tamaño heterodinamos e inserción en el hipanto.
- Otros caracteres de interés: disponen de un fruto en drupa, crecimiento secundario, fructificación perenne y disponen de yema floral entre dos yemas vegetativas.

Tiene un sistema radicular potente, poco ramificado y profundamente anclado en el suelo.
En las especies silvestres, las radículas pueden llegar a medir más de 20 cm cuando la plántula solamente tiene 2 cm.
La raíz del almendro de color amarillo-grisáceo cuando joven. Es poco fasciculada, soporta mal el trasplante y es sensible a la asfixia radical.

El tronco cuando el árbol es joven permanece liso, pasando a ser muy agrietado con el tiempo, siendo este agrietamiento característico de esta especie. La corteza es verde, cuando el árbol es joven, y marrón y grisácea cuando el árbol es adulto

Los órganos fructíferos son ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo, que presentan yemas solitarias. El de mayor importancia es el ramillete de mayo. Los frutos se generarán preferentemente sobre órganos con disposición horizontal, teniendo que tener en cuenta este aspecto durante la poda.

En cuanto a la polinización, en la actualidad existen variedades tanto autocompatibles (no precisa polinización cruzada), como autoincompatibles (precisa polinización cruzada). En este último caso es muy importante colocar insectos polinizadores en la parcela para favorecer el cuajado del fruto, siendo recomendable hacer esta operación con todo tipo de variedades para llegar obtener elevados rendimientos. Para el caso del presente proyecto, un criterio para la elección varietal de la especie será escoger una variedad autocompatible para maximizar el proceso de polinización.

En cuanto a los requerimientos climáticos del almendro encontramos las siguientes características:

El almendro requiere climas benignos para su buen desarrollo.

El requerimiento de horas de frío es reducido, alcanzando sólo a 300-600 horas con temperaturas bajo 7ºC. Las heladas producidas a fines de invierno o comienzos de primavera constituyen un limitante para su cultivo pese a que las variedades de floración tardía han mejorado esta situación. El estado más susceptible a las bajas temperaturas es cuando el fruto está formado y la semilla se encuentra al estado acuoso.

Pero el almendro también necesita ciertas horas de calor, ya que este mecanismo de las horas-calor permite a la planta encontrarse aún en estado latente cuando todavía hay riesgo de heladas primaverales después de haberse cumplido las horas-frío necesarias para la brotación. El rango de necesidades en calor se sitúa entre 5.500-9.300 (GDH ºC) según especies (Alonso 2005).

En cuanto a humedad relativa, se ha observado que si ésta es alta favorece el desarrollo de algunas enfermedades fungosas que pueden comprometer la producción.

Por último, en cuanto a la adaptación del almendro a los diferentes tipos de suelos, al igual que todos los frutales, está muy relacionada al patrón o portainjerto utilizado.
El almendro se adapta mejor a suelos livianos (arenosos) y de textura franca, es decir donde la aireación del mismo es buena. Como la mayor(a de los frutales el suelo no debe tener problemas de drenaje.
Un mal drenaje limita la profundidad efectiva del suelo, disminuye el oxigeno del mismo e impide el buen desarrollo radicular. Un mal drenaje favorece las enfermedades producidas por hongos y bacterias.
El patrón almendro es mucho más susceptible que el patrón duraznero a los problemas del mal drenaje. En algunos casos bastan 3 6 4 días de deficiencia de oxígeno en el suelo, para que se produzca muerte de raíces.
En cuanto a salinidad el almendro es susceptible a los altos contenidos de sales en el suelo, especialmente a las de sodio y boro, problemas que se manifiestan con mayor intensidad en períodos de sequía.

1.2. Factores a considerar en la elección varietal

La diversidad existente presenta grandes problemas a la hora de elegir cuál va a ser la variedad a implantar en nuestra explotación.
Es una de las principales fuentes de generación de alternativas estratégicas y constituye uno de los grandes componentes del sistema productivo que es el material vegetal.
Hay que partir de la premisa de que no existe la variedad perfecta, pero si podemos elegir aquella que mejor se adapte a nuestra zona y necesidades de manejo.

En la elección varietal es necesario conjugar las características de la variedad con una serie de factores indicados en la Figura 1 (condicionantes internos, condicionantes externos, exigencias del proceso productivo y condicionantes impuestos por el promotor).

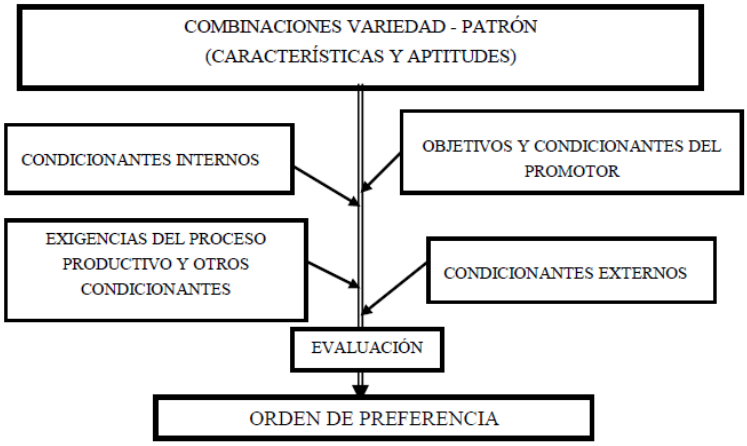


Ilustración 2. Factores que intervienen en la elección del material vegetal.

Para ellos se realizara una matriz de efectos donde se valoraran una serie de parámetros dispuestos a continuación:

1.2.1. Condicionantes internos

Autofertilidad.

Hace unos años atrás, en los cultivares tradicionales era necesario disponer de variedades polinizadoras, insectos polinizadores y condiciones climáticas adecuadas en el momento de la polinización debido a la auto-esterilidad de estas variedades.
La tendencia en la mejora genética estos años atrás ha sido la de creas variedades autofértiles en las que las flores de estas variedades pueden ser fecundadas por su propio polen, o por el de otras flores de la misma variedad. De este modo aseguramos una mejor polinización y podemos tener una plantación de una única variedad para unificar las labores.
Pese a ello, hay que tener en cuenta que aparte de que una variedad sea autofertil, ha de estar dotada de un alto nivel de autogamia que le permita a la flor ser fecundada con su propio polen.

Esto significa que dicha flor debe tener el estigma en medio de las anteras para poder efectuar esta operación, pero si el estigma sobresale las anteras dicha flor no se podrá fecundar con su propio polen debido a que no será autógama.

Capacidad productiva.

El objetivo en una plantación es obtener altos niveles de cosecha estables a lo largo de la vida útil de esta. Algunas variedades tienen el problema de excesiva fertilidad que ocasiona una alternancia en la producción.

En el caso de estas variedades muy productivas es importante que se den buenos cuidados de cultivo (podas y abonados adecuados que generen futuras brindillas y ramilletes para el año próximo), para evitar años con mucha carga y años con poca.
Esto es debido a que en el almendro no solo se realiza el manejo para obtener cosecha ese mismo año, sino que dichas operaciones repercutirán a futuras cosechas.
De modo que este factor lo controlaremos con una adecuada elección varietal, y un buen manejo de la poda, fertilización y riego.

Porte e intensidad de ramificación.

Estos factores influyen en el manejo y en las horas necesarias para realizar la poda. Los portes abiertos (tales como la variedad "*Guara*") dificultan la formación del árbol y favorecen la emisión de chupones que provocarán un desequilibrio en el árbol.
Es muy importante que exista un equilibrio entre producción y crecimiento vegetativo, de este modo hay que tratar de controlar esto mediante la poda, abonado y riego. Mediante una variedad que facilite este proceso podremos controlar mejor este factor.

Fecha de maduración.

Generalmente es preferible una maduración temprana con el fin de que pueda recogerse con mejores condiciones climáticas (evitando de este modo lluvias durante la recolección y tormentas que puedan ocasionar la caída de almendras) y que los árboles tengan más tiempo para reponerse tras la cosecha. La maduración debe ser lo más uniforme posible para que la almendra se desprenda del árbol de forma sencilla durante la recolección.

Desprendimiento del fruto.

En general, el almendro no presenta problemas para el desprendimiento, pero algunas variedades se recolectan con mayor facilidad que otras.

Hay variedades que se desprenden con excesiva facilidad y si la recolección se retrasa, hay que recurrir a recoger parte de la cosecha en el suelo.

Dureza de la cáscara.

Las variedades de cáscara dura o semidura se pelan, o despellejan, con mucha mayor facilidad que las de cáscara blanda ("variedades americanas").
Además de esto, las almendras de cáscara dura o semidura presentan otras ventajas como: menos incidencia de plagas y daños ocasionados por pájaros sobre la almendra ya que penetran con más dificultad, mejor conservación y una mejor adaptación a las instalaciones de descascarado existentes.
Cabe destacar que si las almendras se van a vibrar al suelo para su posterior recogida, es muy importante disponer de variedades de cáscara dura que impidan a los pájaros y plagas penetrar sobre la almendra durante esos días hasta la recolección definitiva del suelo.

Rendimiento grano.

Es la relación porcentual (en peso) entre la almendra en cáscara y la almendra en grano. Interesan variedades de alto rendimiento, ya que aunque la almendra se comercialice en cáscara, el precio estipulado se fija respecto al grano.
A este factor le afecta directamente la elección varietal pero también el manejo de la plantación.
Cabe destacar que existen dos parámetros diferentes que son: rendimiento al descascarado (rendimiento obtenido de la pepita con el endocarpio) y rendimiento en pepita (rendimiento obtenido de la pepita sin el endocarpio). Siempre va a ser menor el valor de rendimiento en pepita.

Porcentaje de dobles.

La presencia de pepitas dobles ha de ser escasa o nula, ya que la deformación que origina limita su posterior manipulación, teniendo los granos simples un peor aspecto, lo cual hace más difícil la comercialización de este producto.
También se originan problemas en la extracción de la película en el repelado, de modo que se limita la utilidad del producto como la fabricación de láminas.

Calidad del fruto.

Existen parámetros diferentes de calidad (% aceite, % ácido oleico, % proteína bruta, etc.) que nos permitirán obtener un producto diferenciado del resto que repercutirá en el precio final de venta, haciendo que algunas variedades sean más rentables respecto algunas otras.

Entrada en producción.

Una temprana entrada en producción nos permitirá obtener cosechas con una mayor antelación y de este modo recuperar con mayor rapidez la inversión ejecutada.

Tolerancia a la sequía.

Dado a que nuestra plantación va a estar dotada bajo un riego en régimen deficitario, nos interesa implantar una variedad que sea capaz de soportar periodos de estrés hídrico con mayor facilidad y repercutiendo en menor medida a la producción final obtenida.

1.2.2. Condicionantes externos

Época de floración.

Es una de las características más importantes ya que afectan directamente en la producción obtenida. La incidencia de heladas tardías limita la rentabilidad del cultivo en muchas zonas, incluso llegando a eliminar el total de la cosecha.
Las variedades de floración tardía, además de reducir el riesgo de daños originados por heladas, tienen mayor probabilidad de florecer en condiciones climáticas más favorables para el proceso de polinización.
A continuación se presenta un esquema en la ilustración 2 con las fechas de floración de algunas variedades de mayor interés.

Duración del periodo de floración.

Es importante desde el punto de vista de la polinización, ya que si este periodo es largo, existen mayores probabilidades de que una parte de las flores encuentren condiciones idóneas para que el proceso pueda desarrollarse normalmente.
Actualmente, la falta de una buena polinización en el almendro es una de las causas que mayor reduce la cosecha debido al viento o lluvias en estos cortos periodos de polinización, junto a la reducción de poblaciones de abejas.

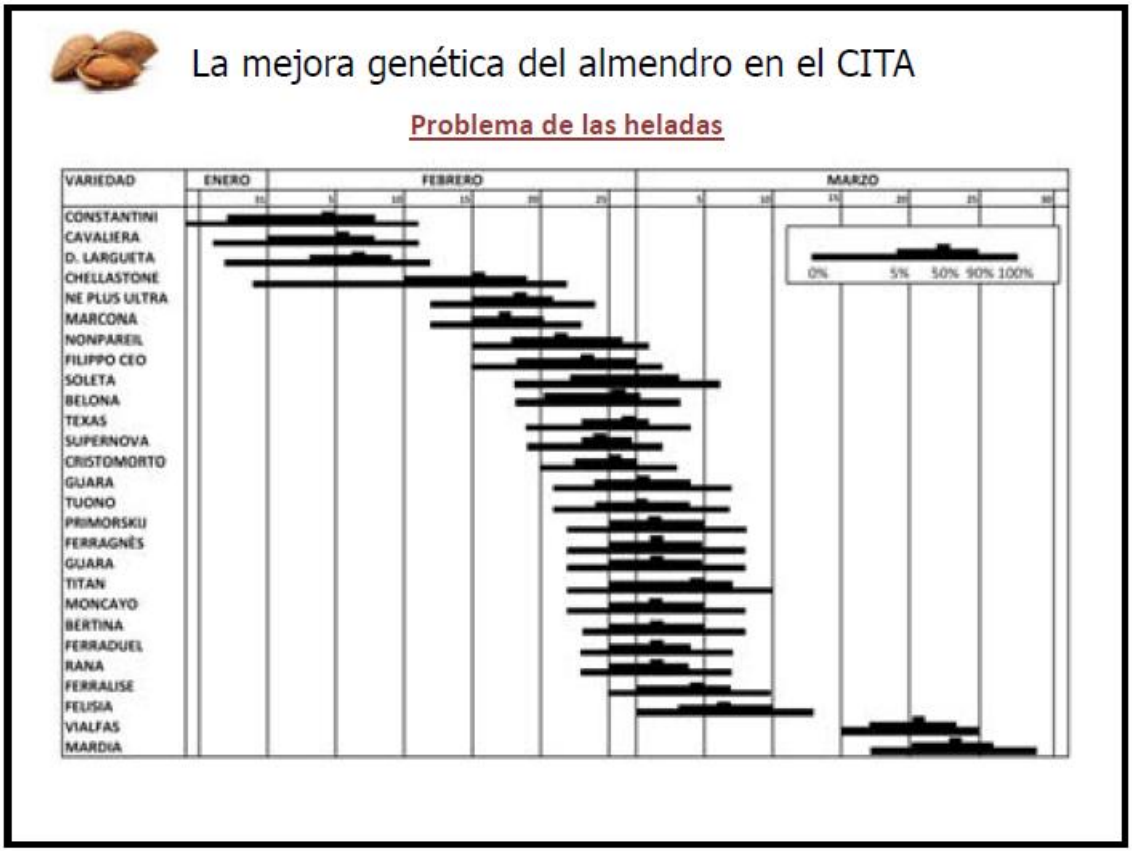


Ilustración 3. Fechas de floración de algunas variedades de mayor interés (CITA, 2015).

Resistencia a plagas y enfermedades.

Durante estas últimas décadas, la mejora genética ha avanzado mucho para obtener variedades tolerantes a plagas y enfermedades a fin de evitar tratamientos y posibles problemas posteriores. Hay que tener claro que en la mayoría de los casos siempre vamos a poder combatir una plaga mediante tratamientos fitosanitarios pero una vez que esta se implante el cultivo va a afectar a la producción final, de modo que es importante prevenirlas mediante variedades resistentes.

Dependiendo de la zona a implantar el cultivo existen unas enfermedades y plagas más comunes.

Algunas de las enfermedades más comunes del almendro en nuestra zona son: "*Monilia", "Fusicoccum", "Taphrina", "Mancha ocre".*

Adaptabilidad a la zona.

Es un factor determinante a la hora de elegir una variedad, ya que no existe una variedad ideal, sino que cada variedad según sus características y adaptabilidad será la más adecuada para implantar en nuestra plantación.
Serán preferibles variedades obtenidas en centro de investigación próximos (tales como el CITA en nuestro caso), ya que estarán mejor adaptadas a la zona dado a que han sido estudiadas y generadas en climas y terrenos similares al nuestro. También es importante la experiencia de variedades manejadas en otras plantaciones que nos permitan determinar el grado de adaptación de ese tipo de variedad.

1.2.3. Condicionantes impuestos por el promotor.

Existen una serie de factores que el promotor considera indispensables a la hora de elegir una variedad y serán ponderados con un mayor coeficiente de corrección en la matriz de efectos, estos son los siguientes:

- Variedad autofertil con alto nivel de autogamia (lo cual favorece la polinización y permite implantar una única variedad).
- Variedad con diferenciación en precio, ya sea por sus características de su composición o de la morfología de la pepita.
- Variedad de floración tardía.
- Variedad de maduración tardía.

1.3. Descripción de las principales variedades de interés.

Vairo

Origen: IRTA.

Floración: Floración tardía (1 marzo permanece al 50 % de la floración).

Vigor y porte: Árbol muy vigoroso y porte medio. Árbol muy fácil de podar dadas sus ramificaciones.

Fruto (% pepitas dobles, calidad y características): Genera un 0,1% de pepitas dobles, 52,7 % de aceite, 24,5 % de proteína bruta, 28% de rendimiento en grano.

Producción (vecería): Capacidad productiva muy alta y no genera vecería.

Polinización: Variedad autofertil con elevado nivel de autogamia. Cuajado medio del fruto en ramas embolsadas antes de la apertura de las flores (22,9%).

Tolerancia a enfermedades: Tolerante al *"Fusicoccum"* y muy tolerante a la "*mancha ocre*".

Fecha de maduración: Temprana.

Tolerancia a la sequía: Tolerante a la sequía.

Entrada en producción: Precoz.

Guara

Origen: SIA.

Floración: Floración tardía (3 marzo permanece al 50 % de la floración).

Vigor y porte: vigor medio, porte muy abierto y escasa intensidad de ramificación. Su porte genera una difícil formación y poda.

Fruto (% pepitas dobles, calidad y características): 11,9 % de pepitas dobles, 37,5% de rendimiento al descascarado y 23,1 % de rendimiento en pepita.

Producción (vecería): Capacidad productiva alta/ muy alta y no genera vecería.

Polinización: Variedad autofertil con elevado nivel de autogamia.

Tolerancia a enfermedades: Sensible al "*Fusicoccum*" y muy sensible a la "*mancha ocre*".

Fecha de maduración: Temprana (en torno al 23 de agosto).

Entrada en producción: Precoz.

Observaciones: Alto nivel de eficiencia en la transformación de nutrientes N-P-K (para producir 1000 kg de pepita necesita 58-14-56 unidades respectivamente).

Soleta

Origen: CITA

Floración: Tardía (1 de marzo permanece a media floración).

Vigor y porte: vigor medio y porte semi-abierto. Buen equilibrio entre producción y desarrollo vegetativo, lo cual facilita las tareas de poda y manejo.

Fruto (% pepitas dobles, calidad y características): no genera pepitas dobles, rendimiento al descascarado del 27-35 %, 61,8% de materia grasa, 20% proteína y 69,2% de ácido oleico.

Producción (vecería): Capacidad productiva alta/ muy alta y no genera vecería.

Polinización: Variedad autofertil con elevado nivel de autogamia. Se han obtenido valores de cuajado medio de fruto de 22,4% en autopolinización, 34,8% en polinización cruzada y 11,4% bajo embolsamiento.

Tolerancia a enfermedades: Sensible a la mancha ocre pero no tanto como la variedad "*Guara*".

Fecha de maduración: Tardía (17 de septiembre).

Observaciones: Pepita muy similar a la "*desmayo largueta"* lo cual le otorga un distintivo en cuanto a precio de venta dado a la facilidad de esta al tostado.

Ferragnes

Origen: Francia.

Floración: Floración tardía (3 de marzo al 50% de la floración).

Vigor y porte: Vigor medio y porte medio-erecto.

Fruto (% pepitas dobles, calidad y características): no genera pepitas dobles, 31,8 de rendimiento al descascarado y 12,2% de rendimiento en pepita, 60,3% de materia grasa y 73,5% de acido oleico.

Producción (vecería): Capacidad productiva alta/ muy alta y no genera vecería.

Polinización: Polinización obligada con otra variedad diferente (auto-incompatible).

Tolerancia a enfermedades: Muy susceptible al *fusicoccum*, tolerante a la *mancha ocre* y *monilia*.

Fecha de maduración: Media.

Entrada en producción: Media.

Observaciones: Bajo nivel de eficiencia en la transformación de nutrientes N-P-K (para producir 1000 kg de pepita necesita 74-23-145 unidades respectivamente).

Marcona

Origen: Levante de España probablemente de Alicante.

Floración: Media (22 de febrero en media floración).

Vigor y porte: Vigor medio-alto, porte medio y ramificación muy abundante.

Fruto (% pepitas dobles, calidad y características): 22,8% de rendimiento al descascarado, 9,8% de rendimiento en pepita, 59,7% de materia grasa, 23,8% de % en proteína, 71,3% de ácido oleico y genera un 2,7% de pepitas dobles.

Producción: Alta capacidad productiva pero suele generar alternancia de producciones anualmente (vecería).

Polinización: Polinizacion obligada con otra variedad diferente (auto-incompatible).

Tolerancia a enfermedades: Muy susceptible al *fusicoccum*, tolerante a la mancha ocre.

Fecha de maduración: media.

Tolerancia a la sequía: Sensible a la sequía.

Entrada en producción: Precoz.

Observaciones: Bajo nivel de eficiencia en la transformación de nutrientes N-P-K (para producir 1000 kg de pepita necesita 79-25-128 unidades respectivamente). Cado a las buenas características del fruto, se trata de una variedad de almendra muy apreciada por el consumidor y esta dispone de un distintivo económico de venta del producto.

Belona

Origen: CITA.

Floración: Tardía (1 de marzo permanece a media floración).

Vigor y porte: Porte semi-abierto y vigor medio.

Polinización: Variedad autofertil con elevado nivel de autogamia. Se han obtenido valores de cuajado medio de fruto de 38,4% en autopolinización, 48,1% en polinización cruzada y 10,9% bajo embolsamiento.

Fruto: Rendimiento de 27-35 %, no genera pepitas dobles, 65,4% de materia grasa, 16,4% de proteína y 75,6% de ac. oleico.

Fecha de maduración: Media-tardía (8 de septiembre).

Producción: Capacidad productiva alta.

Entrada en producción: Precoz.

Observaciones: muy buena calidad de grano ya que puede sustituir comercialmente a la variedad "*marcona*".

Desmayo largueta

Origen: España.

Floración: Precoz. La más temprana después de las "comunes" (13 de Febrero a 50% de floración).

Vigor y porte: Medio, abierto y muy colgante (de dicha cualidad se le otorga su nombre), de aspecto llorón por lo que dificulta la poda.

Polinización: Polinizacion obligada con otra variedad diferente (auto-incompatible).

Fruto: 1,4% de pepitas dobles, 27% de rendimiento en grano, forma elíptica.

Producción: Capacidad productiva alta.

Época de maduración: Tardía

Entrada en producción: Media-tardía.

Tolerancia a enfermedades: Susceptible al *fusicoccum, sclerotinia y polystigma*. Tolerante a la *mancha ocre*.

Observaciones: La forma de esta pepita otorga una facilidad al tostado de esta, lo cual le otorga un distintivo económico en precio de venta a esta variedad.

1.4. Matriz de efectos

La elección de variedades se lleva a cabo en dos fases.
En una primera fase se tiene en cuenta un abanico amplio de variedades que pudieran ser interesantes para la explotación teniendo en cuenta los principales condicionantes impuestos por el promotor, siempre que de ellas se encuentre planta disponible en los viveros. Tras un análisis previo en base a los factores más influyentes, se selecciona un nutrido grupo de variedades, 7 en nuestro caso.

Después, en una segunda fase se realiza un análisis exhaustivo, valorando la incidencia de los diversos factores o condicionantes sobre cada una de las variedades preseleccionadas. Se tiene en cuenta la importancia del factor, mediante un coeficiente de ponderación, a la hora de obtener la valoración global.

Al final se obtiene un orden de preferencia entre las variedades. Esta jerarquización será la base para el posterior dimensionamiento de la explotación.

	Coef. pond.	*Vairo*	*Guara*	*Soleta*	*Ferragnes*	*Marcona*	*Belona*	*Desmayo Largueta*
Autofertilidad	2,0	5	4	5	0	0	5	0
Cap. Productiva	1,5	5	4	5	4	3	4	3
Porte y ramificación	1,0	4	1	5	4	4	5	3
Fecha maduración	2,0	3	3	5	4	4	5	5
Desprendimiento fruto	0,5	5	5	5	5	5	5	5
Dureza cascara	1,0	5	3	5	5	5	5	5
Rendimiento grano	1,5	3	5	4	4	2	4	3
% dobles	1,5	5	2	5	4	4	5	4
Calidad fruto	2,0	3	3	5	3	5	5	5
Entrada producción	0,5	5	5	5	3	5	5	2
Tolerancia sequía	1,5	4	3	3	3	2	3	3
Época floración	2,0	5	5	4	5	3	4	1
Duración floración	1,5	3	3	4	3	2	3	4
Resistencia plagas y enfer.	1,0	5	2	3	4	3	3	3
Adaptabilidad zona	1,5	4	5	5	4	4	5	3
Precio de venta	2,0	3	2	5	3	5	5	5
TOTAL		93	78	105	80	76,5	102	76,5

Tabla 52. Matriz de efectos de variedades donde el coeficiente de ponderación tendrá valores de: 0,5-1,0-1,5-2,0. La valoración se realiza mediante una escala cuantitativa con valores de 0 (muy desfavorable) a 5 (muy favorable).

1.5. Elección de la variedad

El orden de aptitud de las variedades seleccionadas para los factores ponderados es el siguiente:

Orden de la matriz de efectos	
1º	*Soleta*
2º	*Belona*
3º	*Vairo*
4º	*Ferragnes*
5º	*Guara*
6º	*Marcona*
7º	*Desmayo Largueta*

Tabla 53. Orden de ponderación de la matriz de efectos.

De este modo la variedad escogida va a ser *Soleta*. El motivo principal de esta variedad es que satisface todos los condicionantes que habían impuesto el promotor y los cuales han sido ponderados con un mayor valor. Cabe destacar cualidades como:

- Calidad del fruto debido a su forma similar a la *desmayo largueta* que facilita el proceso de tostado y de este modo, dicha variedad adquiere un distintivo en cuanto a precio de venta.
- Variedad autofertil con alto nivel de autogamia y de floración tardía.
- Variedad de maduración tardía.

1.5.1. Características de la variedad

Esta variedad junto a la variedad "*Belona*" proceden de polinizaciones artificiales realizadas en 1988 entre la selección E-5-7 (actualmente variedad "*Blanquerna*") y la variedad francesa "*Belle d´Aurons*", caracterizada por sus pepitas de excelente calidad.

Estas dos variedades obtenidas se caracterizaban por su época de floración tardía, su tolerancia a las heladas, su autocompatibilidad y frutos de excelente calidad.

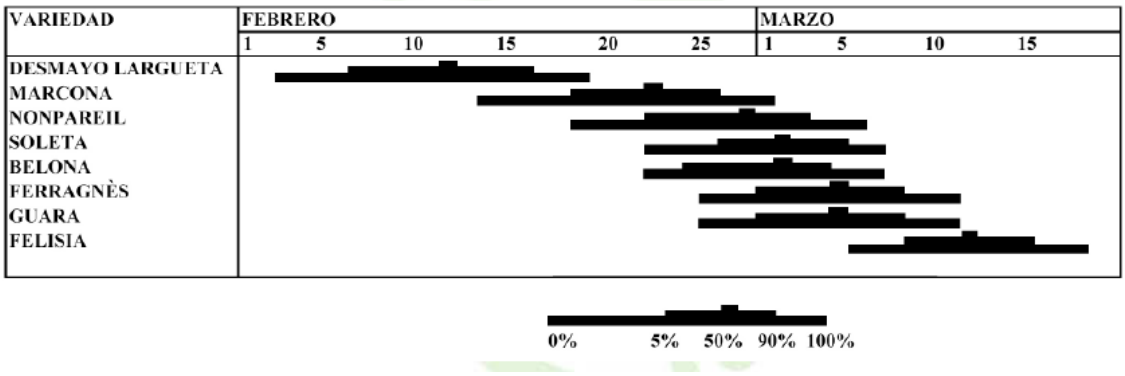


Ilustración 4. Representación del periodo de floración de diferentes variedades, representado a su vez la duración de este periodo y el nivel (%) de floración existente en cada fecha (CITA, 2015).

También se realizaron ensayos de polinización a gran escala, para poder comprobar en condiciones de campo el verdadero nivel de autocompatibilidad y de autogamia de cada una de las selecciones. Estos estudios se llevaron a cabo mediante varios años sucesivos, debido a la gran variabilidad de los cuajados en campo que se pueden presentar de un año a otro. En la tabla 54 se puede observar los resultados de un año, que se mantuvieron en la misma línea los otros años.

Selección	Cuajado (%)		
	Autopolinización	Polinización cruzada	Embolsamiento
Soleta	22,4	34,8	11,4
Belona	38,4	48,1	10,9

Tabla 54. Resultados del cuajado (%) de las dos variedades obtenidas por el CITA para un mismo año, donde se representa su nivel de cuajado de flores (%) en condiciones de autopolinización, polinización cruzada y embolsamiento (CITA, 2015).

Se prosiguió la observación del comportamiento agronómico de dichas variedades mediante el estudio de la producción acumulada de estas especies en comparación con otras y se observó como la variedad "*Soleta*" era la que mas producción acumulada obtuvo, tal como se muestra en el siguiente estudio.

Variedad	Producción acumulada (Kg pepita)
Soleta	17,96
Belona	14,12

Tabla 55. Productividad de las nuevas variedades (CITA, 2015).

La calidad ha sido un criterio fundamental en este proceso de selección. En la Tabla 56 se exponen las características del fruto y de la pepita, que en términos generales destacan por su tamaño y aspecto. Igualmente se caracteriza por la ausencia de pepitas dobles y ser de cáscara dura. En la ilustración 5, podemos observar la morfología de la variedad "*Soleta*", la cual es muy similar a la variedad "*Desmayo Largueta*", haciendo que sea una variedad apreciada debido a su facilidad para el tostado.

Ilustración 5. Morfología de la variedad "*Soleta*" (CITA, 2015).

Se ha producido un ensayo de su descascarado industrial con la colaboración de la SAT Frutos Secos Alcañiz, observándose que el proceso es correcto, sin presencia de doble capa en la cáscara y un porcentaje reducido de pepitas rotas, tal como se muestra en la tabla 56.

Carácter	Soleta	Belona
Forma	Elíptica	Acorazonada
Peso del Fruto	3,63 g	3,62 g
Rendimiento	35 %	34,5 %
Peso de la pepita	1,26 g	1,25 g
% Pepitas dobles	0 %	0 %
Aspecto	Bueno	Bueno
Presencia de capas	No	No
Sabor	Agradable	Agradable

Tabla 56. Características generales del fruto y de la pepita de la variedad "*Soleta*" (CITA, 2015).

Variedad	Pepitas enteras (%)
Soleta	74,5
Belona	97,1

Tabla 57. Porcentaje (%) de pepitas enteras tras el descascarado de diferentes variedades (CITA, 2015).

Igualmente se ha procedido al estudio de la composición química de las pepitas de estas selecciones para poder establecer las mejores posibilidades de uso para cada una de ellas. Destacando el elevado contenido de ácidos grasos, superior a la variedad *"Marcona*" y "*Desmayo Largueta*" tal como se muestra en la tabla 58, lo que resulta de interés para la fabricación de turrón.

Variedad	Proteína (% peso total)	Aceite (% peso total)	Ácido oleico (% aceite)	α-tocoferol (mg/kg aceite)	Tocoferol total (mg/kg aceite)
Marcona	23,8	59,7	71,3	463,3	500,5
Largueta	24,5	58,9	72,2	304,3	336,2
Belona	16,4	65,4	75,6	418,4	455,6
Soleta	20,0	61,8	69,2	214,0	242,3

Tabla 58. Composición química de las nuevas variedades del CITA (CITA, 2015).

2. Portainjertos

El cultivo del almendro ha evolucionado en épocas recientes de una situación de aprovechamiento tradicional y casi marginal, hacia unas nuevas explotaciones que necesitan una producción de altos rendimientos. Debido a las condiciones de cultivo en secano de la mayoría de las plantaciones de almendro en la cuenca mediterránea, los francos de almendro han sido los patrones habituales durante siglos a causa de sus raíces que suponen mayor eficacia en la utilización de los escasos recursos de agua y nutrientes.

A partir de los años 70 se produjo un gran cambio con la introducción de los híbridos de almendro x melocotonero, en principio seleccionados para su utilización en melocotonero, pero que han demostrado un comportamiento excelente con el almendro, por lo que han desplazado su utilización de los francos de almendro. Su éxito es debido al buen comportamiento, incluso en secano, gracias a su vigoroso sistema radicular, que compita favorablemente con las raíces de los francos de almendro.

El híbrido "*GF-677*" ha sido el más empleado en las últimas décadas del siglo XX, pero actualmente está siendo sustituido por otros híbridos interespecíficos, principalmente "*Garmen*" (Rubio-Cabetas *et al.,* 2005; Felipe, 2009).

2.1. Factores a considerar para la elección del portainjerto

El sistema radicular de los árboles frutales y por tanto el estudio de los patrones merece como mínimo una atención similar al de las variedades en los actuales sistemas de producción, ya que el patrón influye en gran medida sobre la variedad en su entrada en producción, su vigor y por lo tanto en la rentabilidad de nuestra explotación.
Entre los patrones utilizados existe gran variabilidad de comportamiento insuficientemente estudiada, de resistencia y adaptabilidad a distintas condiciones del medio.
En la elección del patrón es necesario conjugar las características del patrón con una serie de factores (condicionantes internos, condicionantes externos, exigencias del proceso productivo y condicionante impuesto por el promotor).
Para ellos se realizara una matriz de efectos donde se valoraran una serie de parámetros dispuestos a continuación:

2.1.1. Condicionantes internos

<u>Profundidad de penetración de las raíces</u>

Hay que considerar la profundidad de las raíces principales y raíces laterales, dependiendo esto de las distintas variedades de cada especie y de la granulometría del suelo.

<u>Tolerancia a la asfixia radicular</u>

En suelos con escaso drenaje o exceso de riego, en el que se pueda acumular agua en el suelo, puede deprimir y llegar a matar los árboles durante el ciclo vegetativo. De producirse en invierno, los árboles pueden florecer, incluso llegar a vegetar y morir en primavera.
Generalmente son más susceptibles los árboles jóvenes que los adultos, aunque no siempre es así.
Se puede considerar que un sistema radicular más superficial lo hace más tolerante a asfixia y por lo tanto menos susceptible a infecciones de hongos.

Tolerancia a la salinidad

Por norma general las especies frutales son extremadamente sensibles a la salinidad, pudiendo considerarse que para esas conductividades eléctricas de 4 dS/m de extracto de pasta saturada o de 6 dS/m de agua de riego se pierde la producción, llegando a la muerte del árbol.
Las sales solubles provocan un aumento de la presión osmótica que tiene una incidencia negativa sobre el crecimiento de la planta.

Homogeneidad

Los patrones tienen una gran importancia en la homogeneidad en el desarrollo de los árboles de la plantación.
Interesa que los árboles tengan un crecimiento, igual, sin que existan grandes diferencias entre ellos, que nos pueda provocar posibles competencias desequilibradas entre los árboles de la plantación. Por este motivo se buscara que los patrones tengan la misma edad.

Compatibilidad patrón-injerto

Es muy importante que exista una buena compatibilidad entre el patrón y la variedad injerto.
Interesa una buena unión para evitar posibles roturas mecánicas, bien sea por viento, recolección mecanizada, soporte de peso, etc.
También podemos tener casos de incompatibilidad manifestada tras varios años de un comportamiento normal.

Productividad

El patrón debe inducir a la variedad la entrada en producción en el menor número de años posible. La producción de almendras debe ser constante a lo largo de los años, abundante y de buena calidad.

Finalmente, se ha realizado una matriz de efectos donde se evalúan algunos condicionantes mencionados anteriormente:

Factor	Hibrido	Almendro	Albaricoquero	Melocotonero	Ciruelo	Fuente
Penetración de las raíces	5	4	3	2	1	Abadía, 1995
Tolerancia asfixia radicular	4	1	2	3	5	Sudergon, 1987
Tolerancia salinidad	3	5	4	1	2	Day, 1953
Compatibilidad	3	3	1	3	2	Felipe, 1987

Tabla 59. Evaluación mediante matriz de efectos de los diferentes condicionantes internos.

2.1.2. Condicionantes externos

Resistencia a la sequía

Las especies con mayor capacidad de penetración no son necesariamente las más resistentes a la sequía, ya que esta resistencia está muy influenciada por la variedad injertada.
A pesar de esto, el patrón puede ofrecer al conjunto cierta resistencia a la sequía.
El orden de resistencia a la sequía es el que se muestra:

Factor	Hibrido	Almendro	Albaricoquero	Melocotonero	Ciruelo	Fuente
Resistencia a la sequía	5	4	1	2	3	Gomez aparisi, 1991

Tabla 60. Evaluación mediante matriz de efectos de los condicionantes externos.

2.2. Principales portainjertos

Las posibilidades de elección que existen en este momento para el cultivo del almendro, permiten adoptar el patrón más apropiado a las condiciones del suelo y del sistema de cultivo.

Francos de almendro

Los francos más utilizados tradicionalmente han sido los procedentes de semillas amargas, sin que se presente especial atención a su origen.
En ocasiones las semillas eran recogidas en poblaciones silvestres que se fecundaban libremente con polen de las plantaciones comerciales cercanas.
En España los más utilizados han sido los francos procedentes de la variedad "*Garrigues*", que da lugar a plantas bastante homogéneas y con un sistema radicular fuerte y muy ramificado, aunque emiten anticipados en la zona del injerto, lo que dificulta y encarece la operación. Otros francos menos utilizados, que presentan una zona de injerto menos ramificada son los procedentes de la variedad "*Atocha*".
En general todos los francos son sensibles a nematodos, hongos, bacterias y algún gusano cabezudo.
Las características positivas del franco de almendro son la rusticidad (otorga capacidad e vegetar en suelos pobre y con altos contenidos de caliza) y la extensión en profundidad de las raíces, variando esta última característica según el tipo de suelo.

Francos de almendros	Adaptación		
	Tª	Sequía	Regadío
Atocha	-	SI	NO
Garrigues	-	SI	NO

Tabla 61. Patrones francos de almendros con algunas de sus respectivas cualidades (M.J. Rubio, 2010).

Francos de melocotonero

Los francos de melocotonero se adaptan mejor al cultivo en regadío por ser algo menos sensibles a los problemas que afectan a los francos de almendro, pero no son utilizables para el cultivo en secano por su escasa resistencia a la sequía. Tienen muy buena compatibilidad con las variedades de almendro, haciendo crecer las plantas rápidamente los primeros años de plantación. Destacan algunos patrones como el "*INRA-GF-305", "Lovell*".
Como característica positiva, general a los francos de melocotonero, hay que mencionar la mejor adaptación a las condiciones del cultivo en regadío. También la existencia de más variedades productoras de semillas con comportamiento agronómico conocido frente a determinados problemas, como la resistencia a algunos nematodos, etc.
Como característica negativa, continúan siendo sensibles en alto grado a algunos de los patógenos frecuentes: *Agrobacterium, Armillaria, etc.*

Francos de melocotonero	Adaptación			Comportamiento Patógeno	
	Regadío	Sequía	Calcáreos	*Meloidogyne*	*Pratylenchus*
GF-305	SI	NO	-	S	T
Higama	SI	NO	-	T	T

Tabla 62. Patrones francos de melocotonero con algunas de sus respectivas cualidades (M.J. Rubio, 2010).

Patrones clonales

La propagación clonal ofrece la ventaja de que el comportamiento del material producido resulta muy homogéneo y su comportamiento previsible puede llegar a ser mucho mejor conocido, aunque este tipo de multiplicación de plantases más costoso que la producción de francos.

Ciruelos como patrones de almendro

El sistema radicular de los ciruelos es de desarrollo superficial y generalmente, más reducido en número y grosor de raíces que el del melocotonero o del almendro. Los ciruelos suelen ser más tolerantes a determinados patógenos y más resistentes a las condiciones asfixiantes del suelo. Se comportan mejor en suelos pesados que las raíces del almendro, melocotonero y sus híbridos. Por eso se usan estos patrones cuando los suelos no son lo suficiente sanos, sueltos y permeables y se quiere controlar el vigor por su efecto reductor.
La compatibilidad de injerto con almendro es muy variable por lo que se precisan estudios previos.

Patrones de ciruelos	Obtentor	País	Origen genético	Adaptación			Comportamiento Patógeno	
				Tª	Sequía	Calcáreos	*Meloidogyne*	*Pratylenchus*
Penta	U ROMA	Italia	*Prunus domestica*	-	-	SI	S	T
Mompol	CITA	España	*Prunus insititia*	-	-	SI	I	S

Tabla 63. Patrones de ciruelos con algunas de sus respectivas cualidades (M.J. Rubio, 2010).

Híbridos interespecíficos (entre *Prunus*)

En lo que respecta al cultivo del almendro, existe una experiencia importante del uso de híbridos entre almendro y melocotonero porque son ya varios los clones difundidos a nivel comercial dese hace bastantes años.
De entre los híbridos interespecíficos entre *Prunus*, los híbridos de almendro y melocotonero han sido los más conocidos y difundidos hasta el momento.

Existen varias selecciones propagadas a nivel comercial que han ido sustituyendo poco a poco el uso del "*GF-677*" como "*Adafuel", "Felinem*" y "*Garmen*" y otros más recientes descendientes de estos, aunque su experiencia con almendro en muchos casos se encuentra en fase de experimentación. Otros clones, tanto espontáneos como procedentes de cruzamientos también disponibles a nivel comercial o en fase, más o menos avanzada, de selección en diversos países, puesto que ha sido la vía más explotada tanto en países europeos como americanos.

La característica más importante, al menos de los más difundidos en la última década, es la resistencia a los nematodos de los llamados híbridos rojos "*Felinem", "Garmen" y "Monegro*", pero también resistentes a la clorosis.
Estos patrones gozan de potentes sistemas radiculares, en número y grosor de raíces, lo que provoca un buen comportamiento tanto en secano como en regadío y una temprana entrada en producción. Los clones empleados hasta el momento se adaptan aceptablemente a distintos tipos de suelo y soportan mejor que el almendro franco el cultivo en regadío.

Patrones híbridos	Obtentor	País	Origen genético	Adaptación			Comportamiento Patógeno	
				Tª	Sequía	Calcáreos	*Meloidogyne*	*Pratylenchus*
Monegro	CITA	España	*Prunus amygdalus* × *Prunus persica*	-	-	SI	R	S
Felinem	CITA	España	*Prunus amygdalus* × *Prunus persica*	-	-	SI	R	S
Garmen	CITA	España	*Prunus amygdalus* × *Prunus persica*	Bajas	-	SI	R	S
GF-677	CITA	España		-	-	SI	R	S

Tabla 64. Patrones híbridos con algunas de sus respectivas cualidades (M.J. Rubio, 2010).

2.3. Matriz de efectos

La elección de patrones se lleva a cabo en dos fases.
En una primera fase se tiene en cuenta un abanico amplio de patrones que pudieran ser interesantes para la explotación teniendo en cuenta los principales condicionantes impuestos por el promotor, siempre que de ellas se encuentre planta disponible en los viveros. Tras un análisis previo en base a los factores más influyentes, se selecciona un nutrido grupo de patrones, 5 en nuestro caso.

Después, en una segunda fase se realiza un análisis exhaustivo, valorando la incidencia de los diversos factores o condicionantes sobre cada uno de los patrones preseleccionados.

Se tiene en cuenta la importancia del factor, mediante un coeficiente de ponderación, a la hora de obtener la valoración global.

Cada factor se pondera por un coeficiente de ponderación en función de la importancia de ese factor para el promotor, para cada patón y factor se le asignara una valoración mediante una escala cuantitativa.

Al final se obtiene un orden de preferencia entre los patrones. Esta jerarquización será la base para el posterior dimensionamiento de la explotación.

Patrón híbrido	Coef. ponderación	*Monegro*	*Felinem*	*Garmen*	*INRA-GF-677*
Profundidad penetrar raíces	2,0	5	5	5	5
Adaptabilidad zona	2,0	4	4	4	5
Resistencia estrés hídrico	1,5	4	4	4	4
Homogeneidad	1,0	5	5	5	5
Productividad	1,5	5	5	5	5
Tolerancia a la asfixia radicular	1,0	4	4	4	4
Total		40,5	40,5	40,5	42,5

Tabla 65. Matriz de efectos de portainjertos donde el coeficiente de ponderación tendrá valores de: 0,5-1,0-1,5-2,0. La valoración se realiza mediante una escala cuantitativa con valores de 0 (muy desfavorable a 5 (muy favorable).

2.4. Elección del portainjerto

Debido al condicionante impuesto por el promotor de establecer un portainjerto híbrido debido al excelente comportamiento agronómico que presenta sobre el cultivo en condiciones de regadío como ya se ha comentado.
Elegiremos un portainjertos hibrido entre melocotonero y almendro por ser el más empleado en la actualidad y dado que muestra un comportamiento muy fiable.
De los patrones analizados en la matriz de efectos, el INRA-GF-677 es el que mejores resultados ha mostrado debido a la buena adaptabilidad en la zona que lo vamos a establecer y en que va a ser empleado para nuestra plantación.

3. Marco de plantación

Se denomina marco de plantación a la forma de disponer las plantas en el terreno, la distancia que deben guardar los almendros entre sí una vez plantados.
Mediante los marcos de plantación establecidos en modelos intensivos se pretende reducir el periodo improductivo de la plantación, aumentando la precocidad mediante el incremento de número de árboles de la parcela. Con ello conseguimos aumentar mucho la producción en los primeros años y llegando al volumen productivo óptimo con anterioridad.
La elección de estos marcos de plantación más idóneos en cada caso se realizará en función de las variedades y sistemas de recolección.
De modo que en función del marco de plantación elegido tendremos una serie de variables:

- Densidad de plantación.
- Tamaño de la planta ya adulta.
- Sistema de formación.
- Mecanización.
- Máxima exposición a la luz solar.

3.1. Descripción de los principales marcos de plantación

Los marcos de plantación más habituales para llevar a cabo una plantación son los siguientes:

Marco real

En esta disposición, las plantas ocupan los vértices de un cuadrado de lado x, de tal forma que la distancia entre calles y entre plantas de la misma calle, es la misma. Esta disposición permite una óptima exposición de las plantas a la luz solar, y unas buenas condiciones para la mecanización. El problema es que se necesitan bajas densidades de plantación, y cuando intentamos aumentar esta densidad, no se permite la mecanización del almendro por tener que usar marcos de plantación demasiado pequeños.

Marco rectangular

Las plantas ocupan los vértices de un rectángulo de base y lado x. Permite un mejor aprovechamiento del terreno, ya que al reducir la distancia entre plantas en las filas, se aumenta la densidad de plantación.

Permite el paso de la maquinaria para las operaciones de cultivo, pero aumenta el sombreamiento entre plantas y reduce el laboreo a un solo sentido si la densidad es muy alta.

Marco a tresbolillo

Las plantas ocupan los vértices de un triángulo equilátero de lado x, y presenta más uniformidad. La separación entre plantas es mayor que en el marco real, pero para la misma separación en ambos marcos, se obtiene mayor densidad de plantación en el marco a tresbolillo. En su contra debemos decir que aunque las labores se pueden realizar en tres direcciones, la mecanización de las mismas es más dificultosa y generalmente se realizan en un único sentido si la distancia entre pies de árbol es muy reducida.

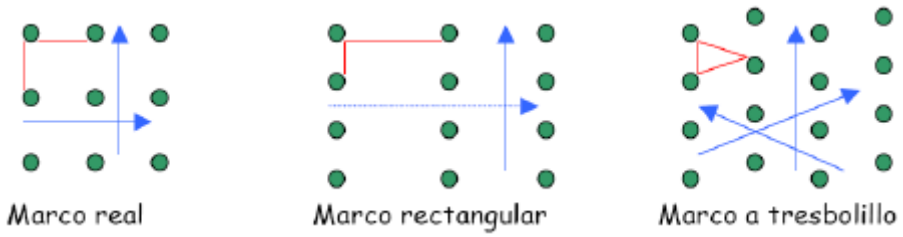


Ilustración 6. Esquema de los diferentes marcos de plantación

3.2. Elección del marco de plantación

En primer lugar se ha descartado la opción del marco real dado que este tipo de marco no permite una distribución adecuada de los árboles para nuestro sistema de producción.
Tanto en este tipo de plantaciones, como en las tradicionales es una buena opción plantar los árboles al tresbolillo, para optimizar la captación de luz y el aprovechamiento del espacio radicular.
Dado a que se va a llevar a cabo una plantación con un elevado número de árboles/ha nos interesa aprovechar al máximo estos recursos ya que van a ser nuestros factores limitantes.
Pero se ha descartado la opción de elegir un marco al tresbolillo dado que al tener que distribuir los arboles de nuestra plantación en un triangulo equilátero, si queremos tener árboles situados a poca distancia unos de otros, esto implica tener un ancho de calle de muy pequeña dimensión, dificultando el paso de maquinaria.
Debido a que el marco real nos permite buenos niveles de captación de luz así como un fácil manejo de la plantación con el uso de maquinaria, se ha elegido este marco de plantación.

4. Densidad de plantación

Existen una serie de factores que serán los que nos condicionen la densidad de plantación:

d) Vigor de los árboles: Determina su tamaño final.
e) Sistema de formación: Nos determina el marco de plantación, una formación en vaso precisa mas calle que una formación en eje central y está más que una formación en palmeta.
f) Sistema de recolección: Para una recolección mecanizada se precisan calles con anchura suficiente para el paso y la maniobrabilidad de la maquinaria.

Son pocos los estudios que se han publicado acerca de la productividad de distintas plantaciones en función del marco de plantación que disponen y el sistema de formación debido a que son plantaciones relativamente jóvenes y no se pueden obtener datos para evaluar la viabilidad a medio y largo plazo de este tipo de explotaciones.
A continuación se muestra un ensayo llevado a cabo por el IRTA en una plantación establecida en el año 2009 donde se analizan estos factores.

		Equivalencia de producción de almendras en grano por hectárea (kg/ha)				
		Vaso clásico	Vaso con poda mínima	Eje central semiestructurado	Muro frutal	Eje central
	Marco de plantación	6m ×6m	5,5m ×3,5m	5m×3m	4,5m×3m	5m×2m
	Arboles/ha	278	520	666	740	1000
"Vairo"	2º año	38	360	1020	280	1536
	3º año	1631	2132	2023	1945	2045
	4º año	2004	1245	1433	1692	1664
	5º año	2115	1267	911	1258	1007
	6º año	1920	2922	1348	1726	2383
	Acumulado	7387	7842	6562	6943	7854
"Marinada"	2º año	225	501	1175	954	1586
	3º año	1208	1859	2088	1965	1418
	4º año	1000	1569	1012	1384	1421
	5º año	2201	1419	1714	2118	2021
	6º año	1075	2324	890	1739	1872
	Acumulado	5800	7822	7028	8222	8391

Tabla 66. Ensayo de nuevos modelos productivos en el cultivo del almendro en Les Borges Blanques (Lleida). Regadío, Portainjertos "*INRA-GF-677*". (Miarnau, 2016).

Como podemos observar en dicho ensayo, las producciones varían de una variedad a otra influidas por el vigor de estas entre otros factores. Además, para una misma variedad también existe variabilidad de producciones en función del sistema de formación empleado.

4.1. Elección de la densidad de plantación

Para un sistema de producción similar al nuestro (modelo semi-intensivo), observamos que el sistema con formación en vaso con poda mínima y marco de plantación 5,5m × 3,5m es el que mejores resultados ha obtenido en el estudio mostrado anteriormente y va a ser el escogido para nuestra explotación.
Dado a que la captación de luz solar va a ser nuestro mayor limitante para el manejo y desarrollo de la explotación, mediante esta elección conseguiremos optimizar estos recursos.

De modo que con un sistema de 5,5m × 3,5m, obtenemos una densidad de plantación de:

$$DP = \frac{10000}{a \times b} = \frac{10000}{5{,}5 \times 3{,}5} = 519{,}48 \text{ árboles/ha.}$$

Siendo:

- DP: Densidad de plantación (árboles/ha).
- a: Ancho de la calle (metros).
- b: Distancia entre pies de árboles (metros).

De modo que en las 21,67 ha de nuestra plantación tendremos 11257 árboles.

5. Orientación de las filas

Para establecer una correcta orientación de las filas se van a tener en cuenta tres factores:

- Dirección de los vientos dominantes (cierzo).
- Aprovechar la geometría de la parcela a fin de conseguir filas más largas que faciliten la mecanización.
- Aprovechar el máximo de radiación solar

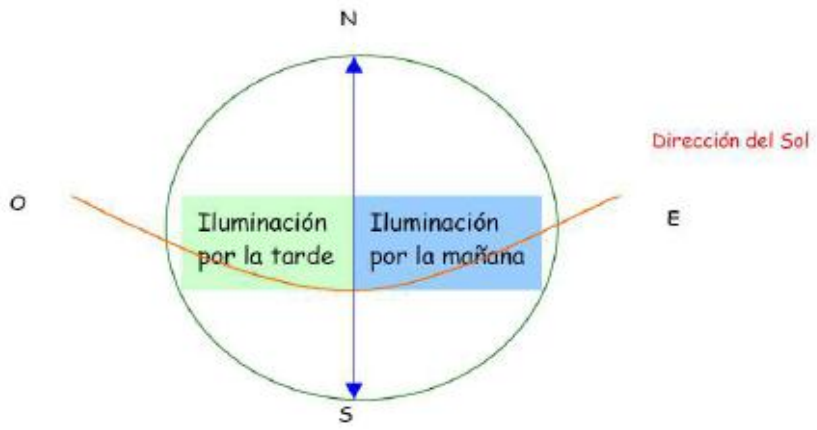


Ilustración 7. Orientación de las filas.

5.1. Elección de la orientación de las filas

La topografía rectangular de la parcela nos exige colocar las filas con orientación noroeste-sureste, con el fin de conseguir unas filas largas de árboles que faciliten la mecanización.
Mediante esta orientación, también conseguiremos un buen aprovechamiento de la radiación solar y que los vientos dominantes soplen con cierta inclinación sobre la disposición de las filas, con el fin de evitar daños en las ramas o derrumbamientos de planta durante los primeros años donde esta no tiene suficiente porte.

6. Sistema de riego

Uno de los aspectos más importantes y más directamente relaccionados con la productividad del almendro es el riego. En los últimos años se han podido constatar grandes aumentos de la productividad en relación al secano, pasando de una media de 120 Kg grano/ha en secano a producciones de 2000-3000 Kg grano/ha en regadío.
La producción del almendro responde de forma proporcional al agua aplicada, hasta alcanzar una dosis máxima con la cual ya no aumentaríamos la producción, pero también se ha observado como aumentan las producciones considerablemente mediante pequeñas aportaciones de agua en ciertos momentos concretos del ciclo productivo (riego deficitario).

6.1. Descripción de los tipos de sistemas de riegos

Debido a nuestro sistema de producción bajo riego deficitario, estamos obligados a implantar un sistema de riego, los cuales van a ser descritos a continuación:

Riego por goteo

El sistema más eficiente para conseguir nuestro objetivo es el riego por goteo.
Con el sistema de riego gota a gota, se debe crear una franja húmeda en la zona de las raíces. Esta franja húmeda se consigue con el solapamiento de los bulbos húmedos que crea cada gotero. La forma del bulbo la determina el tipo de suelo y el caudal del gotero, de forma que es muy importante conocer estos factores a la hora de dimensionar este sistema.

El sistema de riego por goteo se puede instalar de manera superficial donde las tuberías se extienden en la superficie pudiendo realizar su anclaje al terreno, o subterráneo donde la tubería se instala enterrada en el terreno mediante unas máquinas específicas que se acoplan al tractor. La profundidad de instalación depende del tipo de cultivo y sistema radicular, recomendándose para el almendro hacerlo a 24 a 40 cm de profundidad. La ventaja del riego por goteo en superficie es que permite reparar las averías con mayor facilidad, mientras que con el sistema enterrado se produce un contacto más directo con las raíces y nos permite realizar las labores con mayor facilidad debido a que estos no serán dañados.
Una ventaja común para ambos sistemas es que nos permiten aplicaciones precisas de fertilizantes líquidos.

Riego en superficie

Se trata de un método antiguo pero todavía usado según el sistema de abastecimiento de riego presente en la parcela. Existen distintas formas de aplicar este sistema: a manta o por surcos generalmente. Mediante este sistema no aprovechamos gran parte del agua aportada, favorecemos el proceso de asfixia radicular que tan perjudicial es para el almendro y para humedecer todo el sistema radicular es preciso aportar grandes dotaciones de agua, además es preciso tener una precisa nivelación de la parcela.

Riego por aspersión

Se trata de un sistema de riego más eficiente que el riego a manta pero menos que el sistema de riego a goteo.

Se trata de un sistema de riego muy poco frecuente en plantaciones frutales ya que este tipo de riego no se puede aplicar durante distintas etapas del cultivo como la polinización, ya que se reduce considerablemente la eficacia de este proceso al mojar el ambiente. Además, el hecho de regar humedeciendo la planta por completo continuamente, favorece la aparición de enfermedades.

6.2. Elección del sistema de riego

En la plantación se ha elegido el sistema de riego por goteo en superficie por diversos motivos:

- Elevado ahorro de agua que supone frente a los otros sistemas.
- Nos permite aportar agua en todas las etapas del cultivo.
- Reducción de pérdidas de agua por evapotranspiración.
- Aporte de agua y fertilizantes más eficiente justo en la zona de las raíces y con una menor lixiviación.
- Disminución de la emergencia de malas hierbas.

Este sistema se establecerá mediante dos líneas de goteros por fila para asegurar un riego total del sistema radicular de los árboles.

7. Conclusión

En la plantación a realizar se ha escogido la variedad Soleta sobre el portainjertos INRA-GF-677 bajo un marco de plantación en marco rectangular, dichas plantas dispondrán de un ancho de calles de 5,5 metros y una distancia entre pies de árbol de cada fila de 3,5 metros. Dichas filas estarán dispuestas con una orientación noroeste-sureste, con el fin de conseguir unas filas largas de árboles que faciliten la mecanización y el aprovechamiento de la radiación solar.
El sistema de riego escogido será de riego a goteo con dos ramales de riego por fila de árboles dado a su máximo aprovechamiento de los recursos hídricos.

Anejo 5: Tecnología de producción

1. Operaciones anteriores a la plantación

En este apartado se definen las tareas a realizar previamente al establecimiento de la plantación. En esta etapa, es fundamental evitar la pérdida de árboles y asegurar el correcto desarrollo de estos.

El objetivo principal durante este proceso es conseguir preparar el terreno con unas condiciones que permitan un adecuado desarrollo del sistema radicular de este.

Dado que nuestra parcela ha permanecido dedicada al cultivo en extensivo, será clave realizar labores de fondo que permitan descompactar los primeros horizontes del suelo. Así mismo, también se procederá a machacar las piedras presentes en superficie con el fin de obtener un terreno lo más limpio y uniforme posible que nos permita un mejor desarrollo de ciertas actividades en el futuro.

Durante el proceso de preparación habrá que tener en cuenta los siguientes factores:

- En terrenos áridos, difíciles de labrar, se recomienda la siembra en bermas para ayudar a drenar el agua lejos de la copa del árbol. Las bermas deben realizarse con anterioridad a la plantación para asegurar que la unión del injerto está por encima del suelo.
- Los agujeros deben tener la profundidad necesaria para encajar la raíz; ni más ni menos.
- Tras el plantado, se debe compactar el suelo para eliminar posibles bolsas de aire. Realice esta labor con cuidado para no romper las raíces.
- Después de plantado se debe regar dependiendo de la humedad del suelo, emplear unos 10 litros de agua por almendrera aplicados mediante una cuba de agua arrastrada por un tractor. Esta agua ayudará a humedecer el suelo seco y a rellenar pequeñas bolsas de aire.

Una cuidadosa planificación y preparación desde el principio le proporcionará un buen retorno a cambio de los esfuerzos destinados. Los errores cometidos en un principio estarán presentes durante la vida del árbol.

Para ello será preciso abordar un programa de preparación del terreno que será el siguiente:

Nivelación

Debido a la ausencia de pendiente en nuestra parcela no será necesaria llevar a cabo dicha operación.

Drenaje

Un exceso de agua en el suelo daña considerablemente a las plantas por asfixia radicular, y en casos no tan graves puede producir plantas débiles, cloróticas y propensas a enfermedades de raíces que afectará al desarrollo de la plantación a lo largo de toda su vida útil y afectando directamente sobre la producción.
Pese a estas consideraciones, debido a las características de nuestro suelo que han sido analizadas en el Anejo 2 (análisis de suelo) no es preciso realizar un drenaje. Además, el hecho de existir parcelas próximas a la nuestra donde se realiza riego por aspersión y no se generan problemas de encharcamiento nos ratifica dicho argumento.

Subsolado

Esta operación es llevada a cabo para conseguir los siguientes beneficios:

- permitir y facilitar el desarrollo de las raíces.
- hacer más permeable el terreno al agua y al aire.
- limpiar la tierra de raíces, piedras, larvas de insectos, etc.
- provocar o activar la actividad microbiana.
- movilizar las reservas fertilizantes.

Esta labor profunda de subsolado la realizaremos en verano unos meses antes de la plantación. Se trabajará con profundidades de 60-70cm que serán llevadas a cabo en dos pasadas cruzadas. Para permitir un buen trabajo del apero es importante que el terreno este algo seco, lo que generará una mayor descompactación.

Machacado de piedras

Una vez realizada la labor de subsolado permanecerán muchas piedras en superficie de modo que será preciso eliminarlas para facilitar la ejecución de ciertas actividades futuras para el manejo de la explotación.

Para ello se procederá a machacarlas mediante una machacadora de piedras.

Ilustración 8. Machacadora de piedras.

Una vez realizada esta operación el terreno quedará libre de piedras (ya que estas quedan trituradas) y se forma una capa fina de tierra en los primeros centímetros de suelo.

Rulado

Con el fin de eliminar bolsas de aire en el terreno y dejar la superficie del terreno lo mas lisa posible se procederá a la pasada de un rulo.

2. Plantación

Una vez llevado a cabo el proceso de preparación del terreno, se procede a ejecutar las distintas etapas del proceso de plantación.

2.1. Época de plantación

Generalmente se puede efectuar la plantación en el periodo de reposo vegetativo del almendro, pero existen dos épocas para realizar una plantación:

a) Finales de invierno: Generalmente se suele realizar la plantación en esta época con plantones a raíz desnuda.
b) Final de primavera: Generalmente se suele realizar este tipo de plantación con plantones en maceta.

En nuestro caso se va realizar la plantación a mediados de Enero mediante plantas a raíz desnuda, debido a que es el método empleado en la zona y que mejor resultados obtiene.

2.2. Rayado y marqueo

La labor de realizar las líneas donde se establecerán las plantas se va a realizar con máxima precisión gracias al GPS con señal RTK que está dotado de un error de 5-10 cm, el cual permanece incorporado en el tractor que realizará esta operación junto con un brazo de subsurador, teniendo en cuenta que estas líneas están separadas a una distancia de 5,5 metros y son totalmente paralelas.
El marcado del punto exacto donde irán colocados los plantones ha de hacerse de manera minuciosa, aunque de dicha labor se encargara la máquina de plantado ya que automáticamente en cada fila de la plantación introduce los plantones a una distancia preseleccionada (3,5 metros en nuestro caso), es muy importante ir comprobando durante el plantado que dicha disposición es la adecuada.

2.3. Recepción y preparación de las plantas

Tras la recepción de la planta, debemos identificarlas y comprobar el estado de las mismas: físico y sanitario.

Los almendros deben plantarse lo más pronto posible una vez recibido de los viveros y deben cubrirse las raíces desnudas con telas cuando se transporten los plantones en el remolque con el fin de mantener las raíces húmedas.

Si los plantones no se van a colocar en el terreno en el momento, se deberán conservar en un lugar fresco y húmedo sin luz directa.

2.4. Plantación propiamente dicha y colocación de tutores

Dicha labor se va a encargar el vivero debido a que disponen de la maquinaria y experiencia necesaria para realizar una labor tan importante como es esta.
Dicha máquina dispone de un sistema hidráulico que incorpora al mismo tiempo la planta y el tutor (de bambú en nuestro caso) a una distancia preestablecida (3,5 metros en nuestro caso).
Para ello se precisan tres operarios en la máquina como podemos observar en la ilustración 9, uno de ellos alcanza las plantas, otro alcanza los tutores y el otro se encarga de colocarlas en el prensador hidráulico.

La planta se colocará de forma que el nudo de injerto quede a unos 2 cm por encima de la superficie del terreno. La raíz se cubrirá con tierra más bien fina mediante unos discos preparadores que dispone la máquina.

Ilustración 9. Máquina encargada de implantar la planta y el tutor en el suelo.

Una vez se ha llevado a cabo la plantación, se recomienda presionar la tierra y dar un riego de establecimiento para asegurar el perfecto enraizado y posterior brotación de todas las plantas.

Suele ser frecuente cierto número de pérdidas de planta por muerte o tumbadas por el aire, las cuales serán repuestas en verano.

2.5. Colocación de los plásticos protectores

El protector tubular es una herramienta que se coloca alrededor de la planta para proteger la planta frente a:

- Heladas ocasionales
- Radiación directa
- Roedores (ratones, conejos, etc.)
- Deshidratación
- Crecimiento de yemas erráticas
- Proteger frente a aplicaciones de herbicida

A la hora de escoger un protector u otro, han de valorarse diferentes aspectos, tales como:

- La planta a la que se le va a incluir el protector (almendro en nuestro caso)
- Características técnicas que dispone el protector (color, con/sin agujeros, grado de transparencia...)
- Vida útil de protector
- Coste

En nuestro caso se colocarán tubos de polietileno blancos.

2.6. Atado de los árboles

El proceso de plantación finaliza con el atado de la planta al tutor mediante un dispositivo similar a una grapadora que abraza mediante una goma el tutor y la planta y cierra esta unión mediante una grapa.

3. Sistema de formación y poda

El sistema de formación y poda del almendro es una de las operaciones más importantes en el manejo del mismo, ya que tienen grandes consecuencias sobre diferentes parámetros como la producción (regular la producción evitando la vecería), formación del árbol, la vida útil de la plantación, el estado fitosanitario y en consecuencia sobre los costes del cultivo.

Mediante la poda, el agricultor es capaz de modificar todos estos parámetros y conducirlos según su interés.

Hay que tener en cuenta, que el tipo de poda será condicionada por el tipo de plantación existente en la parcela.

3.1. Sistema de formación

3.1.1. Tipos de sistema de formación

Existe una gran variedad de sistemas de formación, para plantaciones de almendros destacan los siguientes sistemas:

- Vaso
- Espaldera
- Eje

La elección de los mismos estará condicionada principalmente por el marco de plantación existente y su posterior manejo.

<u>Vaso</u>

En general, suele ser el sistema más utilizado en las plantaciones, existiendo diferentes tipos (pisos, helicoidal, libre, etc.) dentro de este sistema.
Dentro de este sistema, el más común es el vaso francés, el cual dispone de una estructura bien definida y equilibrada. De tal forma que está formado por 3 ramas primarias (ramas principales), unidas directamente al tronco mediante la cruz.
La cruz del almendro se denomina al punto del tronco que sirve de partida para las ramas primarias. Al aumentar la altura de la cruz, el árbol presenta un menor vigor y crecimiento y permanece más expuesto a la acción del viento, de este modo es preciso determinar la altura adecuada que nos permita un crecimiento y desarrollo óptimo pero permitiendo realizar las labores de recolección mediantes el vibrador. Para el sistema de recolección escogido en nuestra plantación (máquina cabalgante), se recomienda una altura de cruz de 90-110 cm del suelo.
Continuando con la descripción del sistema, tras las ramas primarias, se insertan las secundarias (pisos) y seguidamente las terciarias. La producción que se desarrolle en las ramas fructíferas estará presente en las ramas secundarias y terciarias que están dotadas de fuerza aportada por las ramas primarias.
El conjunto de todo este sistema se denomina armazón de la copa, el cual estará presente durante toda la vida productiva del árbol.
Las ramas fructíferas albergan las hojas y órganos reproductivos, de tal modo que durante el proceso de poda se deberá maximizar el número de ellas y mantener su buen estad y desarrollo.

Las principales ventajas de este sistema son la alta productividad que genera y la capacidad de soportar grandes superficies de copa con su respectiva carga frutal. Por el contrario, los inconvenientes que presenta son los siguientes:

- Poda compleja, ya que se precisa de mayor tiempo para cubrir los huecos entre brazos, haciendo esta labor más costosa.
- Difícil mecanización, debido a que la precisa distribución de las ramas no es compatible con el uso de podadoras mecánicas.
- No realiza una buena captación de luz a lo largo de toda la copa del árbol.

Espaldera

En cuanto al sistema de formación en espaldera, destaca el de palmeta regular y la palmeta irregular.

- La palmeta regular dispone de una separación diferente entre pisos, partiendo del mismo nivel hacia ambos lados los brazos que disponen de los ramos productivos.
- La palmeta irregular, los brazos salen, tanto para un lado como a otro, a diferentes niveles.

Para la conducción de este sistema de espaldera en palmeta, sobre todo en patrones híbridos, es fundamental efectuar un despunte del plantón, dejando la guía libre, para así poder aprovechar el vigor del plantón. Tras el primer verde, se procederá a guiar los brazos hacia ambos lados.
Para efectuar este proceso de guiado se precisarán postes y líneas de alambre por pisos, o simplemente tensores, aportando este sistema buenos resultados y reduciendo significativamente los costes frente a la estructura. Por el contrario, los sistemas de estructuras en la formación en espaldera confieren a la plantación una mayor estabilidad, reduciendo los fallos de marras y facilitando la conducción y apertura de los brazos dentro de la espaldera.

El proceso de formación de pisos se detendrá cuando se alcanza una altura de trabajo aceptable en el cultivo, esto dependerá de las características de la plantación a dimensionar.

Este sistema presenta las siguientes ventajas, son:

- Buena captación de luz a lo largo de todo la estructura del árbol. Para ello es fundamental tener una orientación de las filas norte-sur, para maximizar el proceso de captación.

- Sencillo proceso de mecanización en cuanto al manejo de la plantación, destacando el proceso de poda mecánica.
- Buen aprovechamiento de los tratamientos fitosanitarios debido a la disposición de la estructura.

En cuanto a los inconvenientes que presenta este sistema son los siguientes:

- Obtención de un menor rendimiento productivo respecto a otros sistemas. Para ello, este sistema precisa de reducir el ancho entre calles y aumentar la zona productiva dentro de la espaldera, lo cual puede generar problemas de mecanización y sombreamiento.
- Elevado coste de implementación de este sistema.

Eje

El eje central se trata de un sistema que se está implantando en ciertas plantaciones de almendros y es relativamente fácil de hacer.

Dicha estructura se confiere mediante un tronco central (eje central) que está dispuesto a lo largo de toda la superficie del árbol, siendo este la estructura principal.

Este eje dispone de un piso a unos 50 cm del suelo con 3 ó 4 ramas separadas en su inserción unos 20 cm. entre sí, evitando de este modo que ambas tengan la misma inserción. Tras este primer piso, a una altura de 1-1,5 metros respecto de este, se forma un segundo piso de menor desarrollo que el primero, que nos permitirá limitar el crecimiento en altura.

Este sistema presenta ciertas ventajas:

- Muy buena captación de luz a lo largo de todo el sistema de formación.
- Simplifica la realización de podas a largo plazo, ya que sólo se deberán renovar los brazos para facilitar la presencia de ramos productivos.
- Buen aprovechamiento de los tratamientos fitosanitarios debido a la disposición de la estructura.

En cuanto a los inconvenientes encontramos:

- Obtención de un menor rendimiento productivo respecto a otros sistemas. Para ello, este sistema precisa de reducir el ancho entre calles.
- Poda de formación inicial costosa, precisando de podadores cualificados.

3.1.2. Estudios sobre diferentes sistemas de formación

A continuación se muestra un ensayo llevado a cabo por el IRTA en una plantación establecida en el año 2009 donde se analizan estos factores.

		Equivalencia de producción de almendras en grano por hectárea (kg/ha)				
		Vaso clásico	Vaso con poda mínima	Eje central semiestructurado	Muro frutal	Eje central
	Marco de plantación	6m ×6m	5,5m ×3,5m	5m×3m	4,5m×3m	5m×2m
	Arboles/ha	278	520	666	740	1000
"Vairo"	2º año	38	360	1020	280	1536
	3º año	1631	2132	2023	1945	2045
	4º año	2004	1245	1433	1692	1664
	5º año	2115	1267	911	1258	1007
	6º año	1920	2922	1348	1726	2383
	Acumulado	7387	7842	6562	6943	7854
"Marinada"	2º año	225	501	1175	954	1586
	3º año	1208	1859	2088	1965	1418
	4º año	1000	1569	1012	1384	1421
	5º año	2201	1419	1714	2118	2021
	6º año	1075	2324	890	1739	1872
	Acumulado	5800	7822	7028	8222	8391

Tabla 67. Ensayo de nuevos modelos productivos en el cultivo del almendro en Les Borges Blanques (Lleida). Regadío, portainjertos "*INRA-GF-677*" (Miarnau, 2016).

Analizando los resultados obtenidos para diferentes sistemas de formación podemos sacar las siguientes conclusiones:

- El sistema de formación en vaso con poda mínima y el de eje central son los que mejores resultados de producción acumulada han obtenido, teniendo en cuenta que para conseguir esas producciones similares, el sistema de eje central precisa de mayor número de árboles/ha.

- El sistema con mayor producción acumulada y que más se aproxima a nuestro marco de plantación es el de formación en vaso con poda mínima.

3.1.3. Sistema de formación escogido

El sistema de formación escogido para nuestra plantación va a ser el de vaso francés debido a las siguientes ventajas que este presenta:

- Es el sistema es el que mejores resultados productivos muestra ya que permite soportar un armazón con un elevado volumen que genera una elevada carga frutal.
- Necesidad de una poda poco cualificada.
- Bajo coste de implantación de este sistema.

Principalmente, habrá que tener en cuenta la siguiente consideración para el manejo de este sistema:

- Dado a que el factor limitante de este sistema es la captación de luz, habrá que ser muy cuidadoso a la hora de realizar las labores de poda para maximizar la captación de esta.

3.2. Poda

El proceso de poda, se trata de una labor intuitiva y subjetiva. Pese a ello, es muy aconsejable disponer de conocimientos técnicos para poder llevar a cabo esta labor con unos resultados óptimos, ya que se trata de una operación muy influyente sobre el manejo y desarrollo del árbol.

3.2.1. Criterios de poda

Las intervenciones de poda vienen determinadas por el tipo de plantación establecida, de este modo, están ligadas a los siguientes factores:

- Diseño de plantación.
- Sistema de formación.
- Régimen y manejo del cultivo.
- Tamaño de las explotaciones.
- Características del material vegetal.

En plantaciones de alta densidad, como es nuestro caso, estas intervenciones de poda serán fundamentales para mantener un buen estado vegetativo equilibrado con el productivo y para controlar el desarrollo vegetativo que pueda generar problemas de sombreamiento.

Dado a la amplitud de la parcela y que dicha operación es la que mayor mano de obra va a demandar, es muy importante haber escogido una variedad y sistema de formación que faciliten esta actividad, de este modo, se simplifica el proceso.

El volumen de la copa de los árboles habrá que acompasarlo con el potencial vegetativo y productivo del medio, de modo que para nuestro tipo de plantación que no hay factores limitantes en cuanto a agua y nutrientes, únicamente la luz, realizaremos podas mínimas que regulen este factor que puede condicionar la productividad.

3.2.2. Clases de poda

En función de la fase de vida en la que permanece el árbol, podemos encontrar distintas clases de poda:

<u>Poda de formación</u>

Será el tipo de poda llevada a cabo hasta que el árbol alcance niveles óptimos de producción y desarrollo vegetativo, que suele ser entre el 4º y 6º año. En este periodo, deberemos de realizar cada año una poda en verde y de invierno.

Se define como poda en verde a la llevada a cabo durante el periodo de desarrollo vegetativo del árbol, realizándose en los meses de mayo y junio.

Por el contrario, la poda de invierno se realiza en el periodo de parada vegetativa del árbol durante los meses de noviembre a febrero.

En esta poda de formación, la poda en verde se llevará a cabo cuando los brotes tengan una longitud mayor de 30 cm. En cuanto a la poda en verde del primer año de plantación, se dejarán 4-6 brotes alrededor de la cruz, eliminándose los brotes surgidos por debajo. En los años posteriores, este tipo de poda se limitará a eliminar los brotes situados bajo la cruz y los chupones. En caso de tener problemas ocasionados por el viento, estos brotes serán despuntados. Hay que tener en cuenta que podas severas en la poda en verde detienen el crecimiento y pueden deformar el árbol.

En la poda de invierno, iremos seleccionando las ramas que nos confieran una estructura al árbol (ramas primarias, secundarias y terciarias).

Siempre se aconseja formar tres ramas principales, debido a que un mayor número de estas origina mucha madera y pocas ramas en la parte baja del árbol.

Para realizar este tipo de poda se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Eliminar los chupones.
- Favorecer la consistencia y ramificación de ramas estructurales mediante cortes de despunte.
- Eliminar las ramas no estructurales dirigidas hacia el interior o exterior de la copa.
- Eliminación parcial de las ramas de la parte baja de la copa del árbol si impiden un correcto desarrollo.

Poda de producción

Una vez establecida una clara estructura del árbol, procederemos a realizar este tipo de poda. Debido a nuestro criterio de poda escogido, este tipo de poda será muy ligero y de rápida ejecución.

No llevaremos a cabo podas en verde en esta etapa, únicamente podas de invierno, la cual se limitará a eliminar chupones y ramas de muerte (interiores, cruzadas, paralelas, etc.) que interfieran en una adecuada captación de luz por la copa y el desarrollo de las ramas estructurales. También será preciso localizar aquellas ramas que han podido ser afectadas por plagas y enfermedades para eliminarlas.

Pese a realizar una poda ligera, es muy importante realizar esta operación anualmente para mantener el equilibrio entre el desarrollo vegetativo y productivo.

Poda de rejuvenecimiento

Cabe destacar que debido al elevado coste de mantenimiento de dichas plantaciones, una vez que el cultivo empieza a envejecer (al cabo de 20 a 30 años en función de material vegetal y manejo) y es acompañado de un decrecimiento de la producción, la plantación deberá ser arrancada.

Se basa en revigorizar el árbol mediante intervenciones drásticas donde se rebajan las ramas primarias y secundarias. Es importante que la renovación de las ramas primarias se lleve a cabo de una forma secuencial para no alterar el equilibrio del árbol de una forma demasiado drástica. De las brotaciones que aparecerán de estos cortes de rebaje se formará una nueva copa.

3.2.3. Intensidad de poda

En función de la cantidad de vegetación eliminada, es decir, intensidad de la poda, podríamos diferenciar dos tipos:

Poda larga o mínima

La intensidad de la poda es muy baja, las ramas estructurales no se rebajan y el armazón de la copa consta de un elevado número de ramas. Se trata del tipo de poda llevada a cabo durante la poda de producción.

Poda corta o intensa

Se trata de una poda con mucha intensidad y severidad, donde se rebajan todas o la mayoría de ramas estructurales, eliminándose en torno a 1/3-1/2 de la parte terminal en los 2 o 3 primeros años. Se trata del tipo de poda llevada a cabo durante el proceso de rejuvenecimiento.

3.2.4. Operaciones complementarias a la poda

Con estas labores, el único objetivo va a ser el de eliminar los restos de poda que permanecen en el suelo tras esta operación. Esta operación se realizará rápidamente tras la poda, ya que de este modo evitaremos el ataque de posibles plagas o enfermedades presentes en estas ramas.

Para ello, una cuadrilla se encargará de amontonarlas en el centro de la calle para que posteriormente sean apartadas por una pala incorporada al tractor, que las irá arrastrando a lo largo de todas las calles para posteriormente ser quemadas y eliminar estos restos.

3.2.5. Maquinaria empleada para la poda

El tipo de maquinaria empleada para la poda dependerá del tamaño del árbol ya que según este factor deberemos emplear máquinas más potentes o proyectables.

A lo largo de la vida útil de la plantación se van a emplear 3 tipos de maquinas, las cuales se van a describir a continuación:

Tijera de poda eléctrica

Se trata de una tijera potente ya que nos permite cortar ramas de hasta 45 mm y de uso sin esfuerzo ya que su accionamiento es eléctrico, disponiendo de autonomía propia en una mochila que lleva el operario que permite el funcionamiento de la tijera durante una jornada laboral completa.

Además dispone de un arnés ergonómico que permite al operario realizar las tareas de poda reduciendo el esfuerzo de soportar la carga de la máquina.

Esta tijera es apropiada para realizar las tareas de poda de formación y parte de las tareas durante la poda de producción.

Durante la poda de producción, las tareas realizadas por esta tijera estarán condicionadas por el diámetro de las ramas a cortas y la localización de estas ya que en muchos casos no podrán ser alcanzadas.

Tijera de poda extensible eléctrica

Se trata de una tijera con las mismas características de la tijera descrita anteriormente, a diferencia que esta tijera esta dotada de un acople que nos permite realizar cortes en zonas altas o del interior del árbol. Pero seguimos teniendo el limitante de solo poder cortar ramas de hasta 45 mm.

De modo que esta tijera es apropiada para realizar las tareas de poda de producción.

Moto sierra telescópica

Se trata de una podadora de altura ya que dispone de más de 1 metro de longitud y además nos permite realizar cortes en ramas de todo tipo de diámetros ya que usa el mismo sistema que una moto sierra.

El limitante de este apero es el peso, de unos 2 kg, de modo que para evitar este problema se usa un arnés aunque el peso sigue siendo considerable al cabo de ciertas horas de trabajo.

Esta podadora será apropiada para las tareas de poda de rejuvenecimiento, ya que podremos eliminar ramas envejecidas de gran diámetro.

4. Maquinaria empleada para realizar tratamientos fitosanitarios

Las características de las diferentes plagas y enfermedades que aparecen en las plantaciones de almendros han sido descritas en el Anejo de Sanidad vegetal, pero para combatirlas debemos aplicar productos fitosanitarios con maquinaria específica que va a ser descrita a continuación.

En nuestra plantación, para realizar los tratamientos fitosanitarios únicamente se va a emplear un tipo de máquina:

Pulverizador hidroneumático (atomizador)

Estas máquinas aplican los productos fitosanitarios mediante la presión a la que es sometida la mezcla (productos fitosanitarios y agua situados en el depósito de la máquina) al salir de las boquillas y la fuerza del aire generada por los álabes de un ventilador situado junto a las boquillas.
De modo que mediante este sistema conseguimos realizar los tratamientos alcanzando el total de la superficie de las copas de los árboles.
Es muy importante aplicar los productos fitosanitarios atendiendo a las dosis indicadas en el prospecto de dichos productos, cumplir la normativa de buenas prácticas de manipulación de productos fitosanitarios a fin de evitar riesgos para el operario y medio ambiente y regular correctamente el equipo con el fin de no generar efectos negativos para el tratamiento como es la deriva.
En nuestro caso emplearemos un atomizador arrastrado de 2000 litros con el fin de tener capacidad adecuada a las dimensiones de nuestra plantación.

5. Sistema de mantenimiento del suelo

Es importante realizar un adecuado manejo del suelo con el fin de controlar una seria de aspectos:

- Control de malas hiervas.
- Mantener una adecuada estructura del suelo.
- Reducir la erosión.
- Mejorar la fertilidad del suelo.

Para realizar un manejo del suelo existen diferentes técnicas:

- Suelo desnudo (mediante laboreo o herbicidas).
- Cubiertas vegetales.
- Técnicas mixtas.

5.1. Descripción de los distintos sistemas de mantenimiento del suelo

Suelo desnudo mediante laboreo

Esta técnica se basa en el pase de aperos (chisel, cultivador, grada, etc.) a lo largo de la superficie del suelo con el fin de dejar una capa superficial limpia de malas hierbas. Es muy importante trabajar únicamente la capa más superficial para no alterar el horizonte ni dañar el sistema radicular que debilitaría el árbol.

- Ventajas:
  Fácil control de la vegetación.
  Método económico.
  Favorecemos a crear un enraizamiento profundo.
  Aireación de la capa superficial trabajada.

- Inconvenientes:
  Pérdida de humus.
  Degradación de la estructura.
  Aumenta la erosión.
  Eliminación de las raíces superficiales.
  Se favorece la aparición de cárcavas en el terreno.
  Se puede formar “suela de labor” por el pase de tractores.

Suelo desnudo mediante el uso de herbicidas

Consiste en mantener el suelo libre de vegetación aplicando de herbicidas mediante pulverizadores hidráulicos.

- Ventajas:

Económico.
Eficaz.

- Inconvenientes:

Fitotoxicidad.
Contribuye a la eliminación de agentes polinizadores (abejas).
Selectividad para ciertas especies.
Remanencia (tiempo que perdura el herbicida en el suelo).
Inversión de la flora y en consecuencia, aparición de resistencias de ciertas especies tras aplicar un herbicida reiteradamente.

Cubiertas vegetales

Consiste en implantar en cultivo (alfalfa, ray-grass, guisantes, etc.) en las calles de la plantación.

- Ventajas:

Aumenta los niveles de materia orgánica.
Favorece la estructura.
Favorece la absorción de nutrientes.
Reduce la erosión.
Favorece el desarrollo biológico del suelo.
Favorece la circulación del agua en profundidad.
Aumenta la presencia de "organismos beneficiosos" que ayudan a combatir las plagas de manera natural.

- Inconvenientes:

Se genera una mayor competencia por los recursos hídricos y nutricionales.
Se favorece el proceso de heladas primaverales.
Alto coste de implantación y manejo.
Implica cierto grado de tecnificación.

Sistemas mixtos

Consiste en combinar el uso de diferentes técnicas de las mencionadas anteriormente. La técnica más habitual empleada en plantaciones modernas se basa en implantar una cubierta vegetal en las calles centrales de la plantación y dejar al desnudo (mediante el uso de herbicidas) una parte alrededor de la fila de los árboles con el fin de reducir el riesgo de heladas ya que reducimos el proceso de evapotranspiración.

5.2. Elección del sistema de mantenimiento del suelo

El sistema empleado para el mantenimiento del suelo se va a basar en el sistema mixto, en el cual implantaremos una cubierta vegetal ray-grass en las calles centrales de la plantación y se dejara al desnudo la fila de los árboles al aplicar productos fitosanitarios mediante barras de aplicación de herbicidas colocadas sobre un quad.
El control del crecimiento de la cubierta vegetal se regulará mediante una picadora de hierbas

6. Recolección

El almendro se caracteriza por la facilidad de caerse los frutos del árbol cuando estos están maduros. Esta característica facilita la labor de recolección, pero para ello es muy importante conocer la fecha de maduración exacta de la variedad escogida y disponer de la maquinaria apropiada para la recolección en el momento oportuno.
Las almendras cuando maduran son dehiscentes, es decir, la pelaza se abre y se separa de la cáscara. Durante los días en que permanece abierta, es el período más adecuado para realizar la recolección.
Dado al elevado número de árboles por hectárea presentes en esta plantación, así como la amplia gama de sistemas presentes en el mercado, precisaremos de un sistema de recolección mecanizada para nuestra explotación.

6.1. Tipos de recolección mecanizada

Para la recolección de los árboles de este tipo de plantaciones, el vibrador con paraguas invertido no es útil porque las calles son demasiado estrechas y en consecuencia no puede maniobrar en la parcela. Debido a que cuando la distancia entre árboles de reduce a mas de 6-7 metros, se dificulta la entrada del mismo.
Por esta razón, es necesario pensar en otros tipos de máquinas de recogida, pero siempre en continuo.

- Una de las opciones es vibrar los árboles para provocar la caída de almendras al suelo y recogerlas después. Las máquinas que recogen las almendras del suelo pueden ser utilizadas en España en otros cultivos como la nuez o la avellana, o también máquinas de origen americano. Cuando empleamos dicho sistema, es muy importante tener cuanta dos factores: Disponer de una almendra de cáscara dura (para evitar la entrada de patógenos a esta) y disponer de un suelo totalmente uniforme y limpio.

- Otra solución es la utilización del sistema de lonas o fardos utilizado en Andalucía para la recogida de la aceituna de mesa. Este es un sistema basado en la utilización de lonas repartidas en el suelo por buggies y las almendras se derriban mediante vibradores autopropulsados. Este es un sistema rápido y económico, pero el inconveniente principal es la elevada necesidad de mano de obra para realizar todas las operaciones.
- Finalmente el último sistema que también se puede utilizar son las máquinas cabalgantes con unas dimensiones de trabajo amplias, que pueden trabajar en árboles con volúmenes intermedios. El marco de plantación óptimo para este tipo de maquinaria está alrededor de 5×4 metros. Dicha máquina trabaja a una velocidad constante a lo largo de la fila de árboles, mientras va vibrando cada almendrera manteniendo la pinza estática en este proceso y solo desplazándola cuando se desplaza de una a otra, mientras tanto las almendras caen sobre unas lonas inclinadas donde serán despellejadas y desplazadas a una cámara para su almacenaje. Esta máquina presenta los inconvenientes de que la parcela ha de ser diseñada conforme a las necesidades de esta máquina ya que debemos permitir su vaciado en continuo (sin salir de las filas) y facilitar su maniobrabilidad en cabeceras.

6.2. Elección de la forma de recolección

Valorando los tres sistemas de recolección presentes hemos analizado sus ventajas e inconvenientes y hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- Vibrar las almendras al suelo: Este sistema propio de plantaciones americanas presenta el gran inconveniente de que en nuestra parcela existe cierto grado de pedregosidad que aunque no es elevado, pensamos que nos puede causar problemas en el futuro si se implantase este sistema. Además el hecho de que no sea un sistema muy implantado en España puede generarnos un problema en cuanto a disponibilidad de máquinas.
- Recogida mediante fardos: Pese a ser un sistema económico, el hecho de tener que emplear tanto personal creemos que puede hacernos perder varios días más de recolección, siendo este aspecto crucial, ya que cuanto más dure este periodo más van a estar expuestas las almendras a las inclemencias del tiempo.

- Máquina cabalgante: creemos que es el sistema más apropiado debido a que nuestro marco de plantación es el adecuado para este tipo de máquina, recoge las almendras en un reducido periodo de tiempo (alrededor de 10 segundos por árbol) dejándolas despellejadas al mismo tiempo, dicha máquina es fabricada en Ejea de los Caballeros, lo cual facilitará la disponibilidad de esta a la hora de la recolección.

Finalmente, después de haber analizado todos los factores, se ha llegado a la conclusión que la máquina empleada para la recolección será la máquina cabalgante.

Ilustración 10. Máquina cabalgante de recolección de almendras.

Pero como se ha mencionado anteriormente, esta elección nos va a condicionar el diseño de la plantación, de modo que durante el proceso de plantación se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las cabeceras dejaremos 15 metros libres (4 almendreras por fila deberán ser eliminadas) con el fin de permitir la maniobrabilidad de la máquina en los movimientos de giro.
- Implantaremos unos pasillos perpendiculares a la orientación de las filas, los cuales estarán dispuestos cada 200 metros y tendrán una anchura de 10,5 metros (eliminaremos 3 almendreras por fila), esto nos permitirá el vaciado de la máquina sin necesidad de salirse de la fila.
- Para el cálculo de distancia entre pasillos se ha tenido en cuenta la capacidad de la tolva y la cosecha estimada en el periodo de máxima producción.

Estas características son reflejadas con mayor claridad en el Anejo de Planos.

Anejo 6: Plagas y enfermedades

1. Sanidad vegetal

La situación actual del almendro está cambiando respecto a los últimos años debido al establecimiento de nuevos sistemas de producción (aumentando la masa vegetativa en las plantaciones) con nuevas variedades, a esta causa se le suma la escasez de productos fitosanitarios registrados para las diferentes plagas y enfermedades, encontrándonos hoy en día sin ningún producto para algunas de ellas.

Así pues, el fuerte incremento de la vegetación y la mayor sensibilidad de las nuevas variedades a algunas plagas y enfermedades suponen una nueva situación, que necesita un importante esfuerzo técnico para dar el correcto asesoramiento en sanidad vegetal.

A continuación se describirán las distintas plagas y enfermedades que afectan al almendro en nuestra zona.

2. Enfermedades

2.1. Enfermedades de la parte aérea

Monilia o podredumbre parda (Monilinia *spp*.)

Monilia es la enfermedad que afecta a las flores y a los frutos causando graves problemas en algunas zonas de producción. Se han descrito diferentes especies del género *Monilinia* spp. Como agentes causales, pero la más común es *Monilinia laxa.*

El hongo sobrevive en forma de micelo en los chancros y frutos momificados. Las infecciones primarias se dan durante la floración del cultivo si hay periodos de elevada humedad ambiental. La temperatura no es un factor limitante porque es capaz de esporular a partir de 5ºC, por lo que tiene más incidencia en zonas frías del interior y menos en las zonas templadas del litoral. Las conidias penetran por el estigma infectando las flores que se marchitan y quedan adheridas al árbol. Si se mantienen las humedades, se originan nuevas infecciones en brotes y frutos recién cuajados. Los brotes se desecan y presentan chancros de color marrón claro con emisiones de goma que en la madera de más edad se abren. Los frutos adquieren color negro y quedan momificados en las ramas.

Para el control de esta enfermedad son importantes las prácticas agronómicas que ayuden a la aireación de la copa, el saneamiento y a la reducción del inoculo, eliminando los brotes afectados y frutos momificados. En nuevas plantaciones, en función de las características climáticas de la zona, se debe realizar una buena elección varietal.

En las fincas donde sea necesaria una estrategia de control fitosanitario, se recomienda efectuar un tratamiento preventivo al inicio de la floración. Si durante este periodo hay lluvias frecuentes se debe repetir el tratamiento.

Cribado o perdigonado (Stigmina carpophila)

Este hongo, antes llamado *Coryneum beijerinckii,* es otro patógeno que también afecta a diversas especies del género *Prunus.* Conocido como cribado o perdigonado, se diferencia de la mancha ocre y la abolladura porque realiza chancros en las ramas.

Inverna en forma de micelo en los chancros. En ellos, a finales de invierno se diferencian las esporas que con la lluvia se dispersan e inician la contaminación de las partes verdes penetrando por las estomas, aunque puede hacerlo directamente. El hongo no es activo durante el verano por las temperaturas altas, pero en otoño, con humedades y temperaturas adecuadas, hay una segunda fase activa sobre ramillas.

Las lesiones aparecen sobre hojas, frutos y brotes. En las hojas, se observan pequeñas manchas circulares de color rojo-marrón y de unos 5 mm de diámetro, que se necrosan y acaban desprendiéndose dejando unas perforaciones típicas. En los ataques fuertes se dan defoliaciones importantes que reducen la capacidad fotosintética del árbol y lo debilitan.

La lucha cultural consiste en la destrucción de las ramas afectadas para eliminar los chancros, así como la utilización de variedades tolerantes.

El momento de máxima sensibilidad coincide con el de la abolladura, por eso la protección química se efectúa en el mismo periodo: desde floración (estado C) al cuajado del fruto (estado H). Como el hongo tiene una segunda fase activa en otoño, en las parcelas con graves daños, se recomienda también cubrir el periodo de caída de la hoja.

Mancha ocre (*Polystigma amygdalinum*)

Mancha ocre es una enfermedad específica del almendro causada por el hongo ascomiceto conocido anteriormente como *Polystigma ochraceum*, que afecta exclusivamente a la hoja y tiene una marcada sensibilidad varietal.

Pasa el invierno en las hojas caídas, por lo que el inóculo se encuentra en el suelo de la parcela. Al comenzar la primavera, cuando se inicia la brotación, si se dan las condiciones meteorológicas favorables de lluvia y temperatura, se produce la esporulación de las ascosporas que causan las infecciones de las hojas tiernas.

El periodo de incubación es de unos 35-40 días y las primeras lesiones aparecen en mayo. Los síntomas son muy característicos, se observan unas manchas de forma y tamaño variable, entre 1-2 cm, que al inicio son de color amarillo pero evolucionan a tonalidades terrosas o rojizas con la parte central necrosada y marrón. Si los ataques son importantes en verano se produce una defoliación grave, lo que reduce la capacidad fotosintética del árbol y provoca un debilitamiento general.

En las nuevas plantaciones, es básico valorar el grado de sensibilidad a la hora de elegir la variedad.

En plantaciones afectadas, para reducir la incidencia de la enfermedad so se aconseja ni picar las hojas ni incorporarlas al suelo, porque si quedan poco enterradas pueden mantener la capacidad de mantener ascosporas siendo reservorio de inóculo, lo que se aconseja es su eliminación.

En las zonas y las variedades sensibles, si se prevén humedades intensas o lluvias durante el periodo de infección y se considera necesario realizar un control químico preventivo, debe dirigirse a proteger el periodo desde caída de pétalos hasta finales de mayo.

Lepra o abolladura (*Taphrina deformans*)

La lepra o abolladura, causada por el hongo*Taphrina deformans*, afecta a diversos frutales del género *Prunus*, aunque en este cultivo la incidencia es más baja que en otras especies y solo se presenta en primaveras muy lluviosas y húmedas. El patógeno produce hipertrofia a las células vegetativas, lo que provoca unos síntomas muy característicos en las partes verdes de la planta. Las hojas se deforman, se enrollan y cogen una tonalidad rojiza. Los brotes tiernos tienen un crecimiento curvado, entrenudos cortos y un apelotonamiento de las hojas deformadas. En ocasiones puede afectar al fruto observándose abolladuras que adquieren también un color rojizo.

En invierno el patógeno sobrevive en forma de esporas (ascosporas y blastosporas) en las grietas de las ramas y las escamas de las yemas. Si al comienzo de la brotación se dan humedades ambientales altas y temperaturas suaves, las esporas germinan y se inicia la contaminación cuando se abren las yemas vegetativas. La intervención química dependerá del historial de cada parcela y de la meteorología antes y después de la floración.

Si es necesario, se recomienda realizar durante los estadios fenológicos más sensibles: desde prefloración (estado C) al cuajado del fruto (estado H). Para existir una cierta sensibilidad varietal, aunque no existe información concreta al respecto. Con exceso de vegetación, esta enfermedad puede aumentar la incidencia.

2.2. Enfermedades de la parte subterránea

Hongos de raíz

Dentro de los hongos más importantes que afectan a la raíz y cuello, destacan *Armillaria mellea* que provoca podredumbres de la raíz y *phytophtora*spp. Que causa podredumbres del cuello.

Armillaria mellea es un hongo basidiomiceto que afecta a gran variedad de cultivos, siendo el almendro uno de los más sensibles.

Se produce por basidiosporas, liberadas por los cuerpos fructíferos o carpóforos que aparecen en forma de setas en la base de los troncos de los órganos afectados. Puede sobrevivir en el suelo durante mucho tiempo como saprófito en restos vegetales. Se propaga mediante rizomorfos, agrupaciones longitudinales de hifas con aspecto de cordones, que forman el micelo del hongo. La infección se inicia cuando estos rizomorfos penetran directamente en las raíces del árbol y se extienden por debajo de la corteza. En las raíces se observa una podredumbre ennegrecida de los tejidos externos con el característico olor a moho. Los daños en las plantaciones se producen en rodales y la superficie afectada se va extendiendo como una mancha de aceite. Los síntomas en la parte aérea no son específicos de la enfermedad y son parecidos a cualquier causa que produce una asfixia radicular, como una reducción del crecimiento y amarilleo general del árbol y su muerte.

No existen sistemas directos de lucha, siendo las medidas preventivas de gran importancia. Si se realiza una nueva plantación en la parcela que anteriormente había un cultivo afectado o zonas boscosas sospechosas de estarlo, hay que eliminar totalmente los restos de raíces.

En este caso, es necesario esperar unos años para volver a plantar, haciendo aradas profundas y retirando y destruyendo los restos de raíces que se vayan encontrando. Será muy importante elegir material vegetal sano y seleccionar los patrones más tolerantes. También hay que gestionar correctamente el riego de ser necesario drenar la zona propensa a la acumulación de agua.

Cuando la parcela está afectada, hay que eliminar la diseminación del patógeno eliminando los árboles y raíces afectadas y evitar labores que favorezcan la propagación.

2.3. Enfermedades bacterianas

Mancha bacteriana de los frutales de hueso (*Anthomonas arborícola* pv. *pruni*)

La mayoría de enfermedades del almendro tienen origen fúngico, pero existe también una enfermedad, la mancha bacteriana de los frutales de hueso, causada por la bacteria *Anthomonas arborícola* pv. *pruni*. Es un organismo considerado de cuarentena por la Unión Europea que afecta a diferentes especies del género *Prunus.* Está presente en Europa sin una distribución homogénea. En España, la primera detección fue en 2002 en ciruelo y en 2006 en almendro.

La bacteria sobrevive durante el invierno refugiada en las yemas, cicatrices peciolares y los chancros. Inicia su multiplicación si las condiciones meteorológicas son favorables, temperatura cálida (20-25ºC) y humectación mantenida durante 8 horas. En el ciclo vegetativo del cultivo, se pueden producir varios ciclos de multiplicación.

La bacteria afecta a hojas y frutos. En la hoja aparecen pequeñas necrosis oscuras y poligonales que pueden estar rodeadas de un halo amarillento. En los frutos, en primavera se pueden observar unas manchas oscuras y hundidas en el mesocarpio y la presencia de exudados de goma. Durante el verano, estas manchas evolucionan a bultos que sobresalen por la deshidratación del mesocarpio. También pueden aparecer manchas oscuras en la cáscara de la almendra. La severidad de los daños varía según la parcela y la variedad.

El control de la enfermedad es complejo, por eso es básico evitar la introducción de la bacteria en las zonas donde no está presente, adquiriendo material vegetal sano y con pasaporte fitosanitario CE para las nuevas plantaciones. También se debe realizar la desinfección d la maquinaria y las herramientas utilizadas, porque es una de las vías de propagación posible a larga distancia.

En zonas donde la bacteria está establecida, a falta de medidas curativas, las medidas culturales y preventivas son de gran importancia: La reducción del inoculo, desinfección de herramientas y realización de tratamientos preventivos con compuestos cúpricos en prefloración y durante la caída de hoja.

2.4. Enfermedades víricas

Existen generalmente dos tipos de virus:

- Polífagos: Los cuales tienen muchos huéspedes.
- Parásitos: Específicos de un solo huésped.

La sintomatología vírica se manifiesta de maneras muy diversas:

- Necrosis y clorosis.
- Anomalías de crecimiento.
- Deformaciones del fruto.

Por lo general, el almendro se considera como un cultivo resistente a los virus, variando este aspecto en función de la variedad y portainjertos escogido.
Las enfermedades víricas más comunes en almendro son:

- Virosis mosaico: Ocasiona una disminución del crecimiento, hojas con manchas amarillas y disminución de la producción.
- PRSV: Ocasiona una necrosis de las yemas y reduce el crecimiento.
- PDV: Induce el enanismo del árbol.

Las únicas medidas que podemos tomar frente a ellos son preventivas.

3. Plagas

3.1. Parásitos del follaje

<u>Afidos (pulgones)</u>

Las especies de áfidos que afectan al cultivo son los pulgones verdes *Myzus persicae*, *Myzus varians*, el pulgón harinoso *Hyalopterus amygdali*, el pulgón negro *Brachycaudus amygdalinus* y el pulgón de la madera *pterochloroides persicae.*

Myzus persicae es, quizás, el áfido mas importante en el cultivo. Es muy polífago y está ampliamente distribuido. Hace la puesta de huevos en invierno y pasa esta época en estado de huevo cerca de las yemas, por lo que un control exhaustivo de su cantidad puede dar una idea del nivel de plaga a la que puede llegar posteriormente.

Al ser vivíparos y partenogénicos, el aumento poblacional es muy rápido, encontrando refugio en las mismas hojas que enrollan transversalmente, de ahí la necesidad de este control temprano cuando aun las poblaciones son escasas y la vegetación incipiente. En las nuevas plantaciones con variedades de floración y brotación tardía, para adaptar el primer tratamiento al momento oportuno, habrá que seguir la eclosión de los huevos invernales y la aparición de estas hembras fundatrices, que podrá ocurrir en un estado fenológico más temprano que el de las variedades tradicionales, quizás en prefloración (botón rosa). Con la brotación ya más avanzada, el umbral de intervención es cuando supera el 5% de brotes ocupados. El daño directo lo realiza con succión de savia, pero también con la inyección de sustancias con efectos tóxicos junto con la saliva, las cuales provocan alteraciones que inducen el enrollado de las hojas deformando e impidiendo una brotación normal.

Esto sirve también para *Myzus varians*, que a menudo es confundido con el anterior, aunque enrolla las hojas como un cigarro a lo largo del nervio principal. Tiene las antenas más largas y los sifones de color oscuro.

En el caso del pulgón harinoso, la biología es parecida a *Myzus persicae*, invernando en forma de huevo. También es polífago, y tiene un ciclo dioico, pasando por otros huéspedes en verano y volviendo al cultivo para la puesta de los huevos en invierno. Se sitúan en el envés de las hojas pero sin provocar deformación del limbo.

Para su control se tiene que estar atento a la aparición de las colonias y tratar cuando llegue al 5% de brotes afectados.

Brachycaudus amygdalinus afecta a las hojas y brotes tiernos pero se diferencia de los anteriores por su color oscuro. Hace densas poblaciones en brotes y hojas produciendo fuertes excreciones de melaza.

El pulgón de la madera es de color pardo y con manchas negras. Además del almendro, puede realizar su ciclo monoico sobre otros *Prunus* como melocotón, nectarino, ciruelo, albaricoquero y cerezo, pasando el invierno en forma de huevo. Se localizan en el tronco y en la parte inferior de las ramas gruesas buscando la sombra, formando densas colonias que se detecta por dejar manchas oscuras en el suelo.

En todos estos áfidos el daño indirecto se genera por la secreción de una melaza que proviene de la succión de la savia rica en azúcares, con la posterior infección de fumagina que impide la transpiración normal del árbol.

En nuevas plantaciones con marcos estrechos se precisa un aumento del abonado y del riego, Los ataques de estos pulgones pueden generar mayores daños si no se aporta el abono nitrogenado necesario.

Ácaros

Finalmente, como plagas importantes que pueden afectar al follaje, hay que citar a los ácaros tetraníquidos. Las tres especies que pueden adquirir importancia son *Panonychus ulmi, Tetranychus urticae y Eotetranychus carpini.*

Panonychus ulmi pasa el invierno en forma de huevo, de color rojizo, en el tronco y ramas, por lo que un buen control visual permite conocer si posteriormente en vegetación puede haber problemas. Se diferencia de los otros dos ácaros por su color rojo intenso y por tener unos característicos pelos en la zona dorsal, que se denominan quetas y que están insertados en unos tubérculos de color blanquecino. Se localiza tanto en el haz como en el envés de las hojas, las cuales pierden intensidad y adquieren una tonalidad verde mate. Si se constata fuerte presencia de huevos de invierno en la madera, puede hacerse un tratamiento invernal en prefloración, cerca del inicio de la eclosión, dirigido a las zonas de la madera afectadas.

En este caso, también es muy eficaz hacer un tratamiento dirigido al inicio de la primera generación. Para ello debe seguirse la eclosión de los huevos de inviernos e intentar e intervenir contra las larvas neonatas al llegar al 80% de la eclosión. Una vez superado este momento, debe seguirse con atención la sintomatología y si es necesario actuar cuando se supere el umbral del 5% de brotes afectados.

Tetranychus urticae y Eotetranychus carpini son de color amarillento y se diferencian porque la primera tiene una gran mancha oscura a cada lado del cuerpo, mientras la segunda tiene pequeños puntitos oscuros a cada lado del cuerpo y es de menos tamaño, de tal manera que no permite distinguirla sin usar lupas o binoculares. Ambas pasan el invierno como hembras adultas pero *Eotetranychus carpini* en las grietas y la corteza de la madera y *Tetranychus urticae* puede hacerlo igual pero también suele hacerlo en la cubierta vegetal. Las dos se localizan en el envés de las hojas cerca de los nervios y producen una decoloración amarillenta similar como consecuencia de las picaduras alimenticias. *Tetranychus urticae* tiene más incidencia sobre el almendro.

En ambos casos, el periodo crítico son los meses caluros de verano, por lo que si hubo problemas el año anterior, deben observarse los primeros síntomas con atención e intervenir si se supera el 5% de brotes afectados.

3.2. PARÁSITOS DE BROTES Y DEL FRUTO

Minadores de los brotes y frutos (*Anarsia liniatella, Cydia molesta*)

Aunque su presencia ha sido tradicionalmente de poca importancia, últimamente su presencia toma importancia en nuevas plantaciones jóvenes en formación. Si bien es cierto que la incidencia de *Cydia molesta* va aumentando en brotes y frutos con las nuevas plantaciones, es *Anarsia liniatella* la que afecta al almendro en mayor medida. Esta última pasa el invierno en estado de larva protegida en el interior de las yemas o de la corteza, desarrollando 3-4 generaciones anuales. En primavera, las larvas salen de sus refugios invernales y se desplazan a los brotes tiernos, en los que penetran por la parte apical haciendo una galería descendiente que provoca su desecación con un aspecto muy característico. Las larvas de la siguiente generación pueden afectar a los pequeños frutos llegando incluso a la semilla. En los frutos más desarrollados que tienen la cáscara ya consistente, las larvas suelen alimentarse del mesocarpio, siendo menor el daño.

En plantaciones jóvenes, en árboles reinjertados o con marcos estrechos, esta plaga se ve favorecida creando graves problemas en la conducción del árbol. La afección en frutos provoca a menudo su caída prematura o una disminución de la calidad.

La sintomatología de *Cydia molesta* es prácticamente igual a la anterior.

En los dos casos debe observarse el inicio de los ataques en los brotes tiernos para prever los daños, especialmente si ha habido daños el año anterior.

Si se comprueba su presencia, es recomendable utilizar trampas de monitoreo para determinar el vuelo de los adultos de cada generación, lo cual ayuda a concretar los momentos de protección. Si es necesario intervenir se hace contra las larvas neonatas antes de que completen su introducción en brotes o frutos. Los umbrales de intervención se fijan en el 3% de brotes atacados o en el 1% de daños en el fruto. La técnica de la confusión sexual es muy eficaz y evita tener que intervenir con productos químicos.

Orugas que afectan al fruto (*Ectomyelois ceratoniae y Eurytroma amygdali*)

Como plagas que afectan a los frutos debemos citar *Ectomyelois ceratoniae y Eurytroma amygdali*.

Ectomyelois ceratoniae es un lepidóptero polífago que afecta al naranjo, limonero, nogal, almendro, castaño y algarrobo entre otros cultivos. Tiene tres generaciones, en la zona mediterránea, en verano afecta al almendro.

En este cultivo, el adulto hace la puesta en línea de sutura de la parte exterior del fruto (exocarpio), la larva penetra en el mesocarpio del que se alimenta y si llega a la semilla la devora, ocurriendo más frecuentemente en variedades de cáscara blanda.

Eurytroma amygdali es un himenóptero muy reciente en España, llegando a la provincia de Zaragoza en 2015. Es muy desconocida por los agricultores, pudiendo pasar desapercibida. Pasa el invierno en forma de larva alimentándose primero y luego en estado de diapausa dentro de las almendras que quedan en el árbol después de la recolección. Una vez fecundada la hembra pone entre 1 o 2 huevos por fruto en el interior de la almendra. Tiene pues una generación anual pasando la mayor parte del ciclo dentro del fruto. Las almendras afectadas se van deshidratando, pierden peso y adquieren un color ligeramente amarillo que oscurece en invierno, presentando algunas veces exudación gomosa. Después de la cosecha, los frutos afectados permanecen en el árbol, incluso si estas han sido vibradas. Así que hay que observar que si estos frutos aun presentes en el árbol tienen la larva en su interior. El método cultural consiste en eliminar los frutos afectados y que no han sido desprendidas tras la recolección. La lucha química tiene muchas limitaciones, debido a la falta de productos autorizados, pero al ser dirigido adultos también presenta una dudosa eficacia y una pequeña ventana de aplicación, de modo que es recomendable limitarse a realizar únicamente las medidas culturales.

Gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*)

Se trata de un coleóptero de la familia *Brupestidae* que tiene entre una y dos generaciones anuales.

Los adultos invernantes, cuando aumenta la temperatura en primavera, salen de sus refugios invernales y se desplazan a la copa de los árboles para alimentarse de las yemas, brotes tiernos y especialmente de los peciolos de las hojas produciendo su caída.

Después de un periodo de alimentación entran en actividad sexual realizando la puesta de los huevos en el suelo, alrededor de la base del tronco. Las larvas neonatas se desplazan por el suelo hasta penetrar en las raíces o en la zona del cuello del árbol, donde se alimentan por debajo de la corteza. Las larvas que nacen antes de mediados del verano pueden evolucionar a adulto el año siguiente, las que nazcan más tarde necesitarán dos años para completar el ciclo. Por este motivo, la lucha contra sus poblaciones requiere un mínimo de dos años para controlarlas.

La lucha contra esta plaga tiene diferentes enfoques, si es contra los adultos tiene dos épocas concretas: desde primavera hasta mediados de verano, y a finales de verano o principio de otoño para los nuevos adultos que deberán pasar el invierno.

Esta aplicación se puede complementar con otra efectuada contra el pie del árbol para combatir las larvas, para evitar su penetración en las raíces y cuello.

Como medidas culturales, se debería evitar los sistemas radiculares muy superficiales, escoger patrones francos, hacer labores en épocas de puesta para dificultarla y eliminar y quemar los árboles afectados.

3.3. Parásitos de las raíces

Nematodos

Se trata de unos gusanos que completan su ciclo vital en el suelo y afectan a las raíces de los árboles, de tal manera que las debilitan, alterando la productividad del almendro.

Esta especie, generan heridas en el tejido, que ocasionará un foco de entrada de virus, hongos o bacterias.
Estos nematodos, la hembra es la encargada de depositar los huevos en el suelo, transcurrida la primavera emergen las larvas del huevo y tras sucesivas mudas se desarrollan hasta alcanzar las raíces del almendro de donde toman los nutrientes necesarios para su desarrollo.
Diferenciamos 6 especies de nematodos:
- Dos especies del género Paratylenchus: Ectoparásitos que viven en el exterior de los vegetales e inducen virus.
- Una especie de Macroposthonia: Viven en el suelo donde alteran el metabolismo del almendro.
- Tres especies pertenecientes al género Meloidogyne: Vive en el interior de los tejidos vegetales, originando agallas en las raíces.

Para combatir estas enfermedades, el método más eficaz es el preventivo, siento necesario:

- Desinfectar los suelos de los viveros.
- Elegir portainjertos resistentes.

4. Gestión integrada de plagas

Para el control de plagas y enfermedades de nuestra explotación, se lleva a cabo mediante un control integrado de plagas. Se trata de una estrategia de control capaz de mantener especies de plagas nocivas por debajo del umbral de tolerancia, explotando en primer lugar los factores naturales y utilizando posteriormente métodos integrados de lucha (biológicos, físicos, químicos, etc.) compatibles con el medio ambiente y la salud pública.

Nuestra evolución dentro de las estrategias de control de plagas tradicionales, garantiza un proceso más tecnificado, limitando el uso de productos químicos (formulaciones de productos respetuosos con el medio ambiente) y priorizando barreras físicas que prevengan posibles vectores de enfermedades que pueden provocar serias pérdidas económicas y de imagen empresarial.

En las siguientes tablas se muestra la metodología de trabajo a seguir:

Plagas principales	Seguimiento	Medidas preventivas	Momento de actuación	Alternativas al control químico	Medios químicos
Pulgón	En invierno valorar el nivel de puesta y en brotación la aparición de colonias.	Realizar un abonado racional, evitando exceso de N.	Tratamiento invernal si existió infección fuerte el año anterior o existen huevos en Post floración.	Mantener o incrementar la fauna auxiliar mediante cubierta vegetal: coccinélidos, neurópteros.	Usar productos fitosanitarios autorizados, evitando tratamientos tardíos.
Minadores de brotes y frutos	Seguimiento de la curva de vuelo mediante trampas de confusión sexual, haciendo conteos semanales.	Eliminación y destrucción de los brotes afectados de parcelas con árboles jóvenes.	Tratamiento en prefoliación, según la afección de la campaña anterior. Vegetación: 3% de los brotes afectados y 1% de daños en fruto.		Usar productos fitosanitarios autorizados, realizando los tratamientos en prefloración o a la salida de las larvas invernales.
Orugueta	Seguimiento de la curva de vuelo mediante trampas de confusión sexual, haciendo conteos semanales. Observar síntomas en frutos.	Elegir variedades menos sensibles	No existen umbrales.		Usar productos fitosanitarios autorizados. La lucha química se dirige a larvas neonatas antes de entrar en la cáscara del fruto.

Gusano cabezudo	Vigilar las plantaciones si se observan síntomas, presencia de adultos o larvas.	Mantener las plantaciones en buen estado vegetativo. Arrancar árboles afectados, quemando raíces y tronco. Con riego localizado, mantener humedad en la base del tronco durante el periodo de puesta.	No existe umbral. Realizar la protección química a final de invierno/ principios de primavera contra los adultos invernantes y en los meses centrales de verano para evitar la puesta de las hembras en el suelo.	Medios biológicos: Existen formulados de nematodos entomopatógenos. Medios físicos: Uso de láminas de polietileno enterradas a base de los árboles para evitar que las larvas lleguen a las raíces.	Usar productos fitosanitarios autorizados. La lucha química se dirige a los adultos.
Nematodos	Observación visual de un decaimiento general del árbol y detección de nódulos en raíces. Valoración del riesgo según patrón, nivel de inóculo y textura del suelo.	Elegir patrones resistentes o tolerantes. Destrucción de los órganos afectados para reducir el inóculo. En replantación, eliminar restos vegetales del cultivo anterior.	Presencia.		En este momento no existen tratamientos autorizados para combatir esta plaga.
Monilia	Observación visual de síntomas: chancros en madera, frutos momificados, flores secas. Valoración del riesgo según el nivel de inóculo y meteorología.	Elegir variedades menos sensibles. Eliminación de ramas atacadas y frutos momificados para reducir el inóculo. Realizar poda adecuada para favorecer la aireación.	Tratamiento preventivo: Durante floración según el riesgo de la parcela y meteorología.		Usar productos fitosanitarios autorizados. Los tratamientos preventivos se realizan en floración. Las plantaciones afectadas se deben proteger desde inicio de floración hasta caída de pétalos.
Cribado	Observación visual de síntomas en hojas, frutos y ramas. Valoración del riesgo según el nivel de inóculo y meteorología durante periodo de sensibilidad.	Elegir variedades menos sensibles. Destrucción de los órganos afectados para reducción del inóculo. Realizar poda adecuada para favorecer la aireación.	Tratamiento preventivo: Inicio de brotación según riesgo de la parcela y condiciones meteorológicas.		Proteger desde prefloración al cuajado del fruto, especialmente con elevadas humedades o lluvias. En otoño al 50% de caída de hojas.
Abolladura	Observación visual de síntomas en hojas, frutos y ramas. Valoración del riesgo según el nivel de inóculo y meteorología durante periodo de sensibilidad.	Elegir variedades menos sensibles. Destrucción de los órganos afectados para reducción del inóculo.	Tratamiento preventivo: Inicio de brotación según riesgo de la parcela y condiciones meteorológicas.		Proteger desde prefloración al cuajado del fruto, especialmente con elevadas humedades o lluvias. En otoño al 50% de caída de hojas.
Mancha ocre	Observación visual de síntomas en hojas, frutos y ramas. Valoración del riesgo según el nivel de inóculo y meteorología	Elegir variedades menos sensibles. Destrucción de los órganos afectados para reducción del inóculo.	Primeros síntomas en primavera. Los tratamientos son preventivos según el riesgo de la parcela (sí		En primavera desde la caída de pétalos hasta finales de mayo, en el caso de producirse humedades intensas o lluvias.

	durante periodo de sensibilidad.		correcto).		
Mancha bacteriana	Detección de síntomas en hojas y frutos. Para confirmar la presencia de la bacteria en una zona, realizar un análisis en un laboratorio de diagnóstico de sanidad vegetal.	Utilizar material sano con pasaporte fitosanitario CE. Desinfección de herramientas. Reducción del inóculo eliminando el material vegetal infectado.	Tratamiento preventivo: Durante la floración según el riesgo de la parcela y condiciones meteorológicas.		Usar productos fitosanitarios autorizados. Según afección realizar tratamientos preventivos a caída de hojas y en prefloración.

Tabla 68. Gestión integrada de plagas para el caso del almendro (Magrama, 2015).

En caso de tener que intervenir mediante métodos químicos, se recomienda efectuar los tratamientos mostrados en las siguientes tablas en función de cada tipo de plaga o enfermedad y del momento de actuación:

Plaga	Momento de actuación	Producto (concentración)	Forma	Dosis
Pulgón	Invierno	Aceite de invierno	Pulverización	2-3 l/Hl
	Caída de pétalos	Dimetoato 40%		1 l/Hl
	Principios de abril	Deltametrina 2,5%		0,5-0,75 l/Hl
Gusano cabezudo	Invierno	Aceite de invierno	Pulverización	2-3 l/Hl
	Caída de pétalos	Dimetoato 40%		1 l/Hl
	Principios de abril	Deltametrina 2.5%		0,5-0,75 l/Hl
Ácaros	Invierno	Aceite de invierno	Pulverización	2-3 l/Hl
	Caída de pétalos	Dimetoato 40%		1 l/Hl
	Principios de abril	Deltametrina 2.5%		0,5-0,75 l/Hl

Tabla 69. Recomendación de tratamientos químicos a efectuar en el caso de que fuese superado el umbral de actuación en el caso de las plagas del almendro.

Enfermedad	Momento de actuación	Producto (concentración)	Forma	Dosis
Monilia	Invierno	Oxido de cobre 50%	Pulverización	6-8 kg/Hl
	Floración	Ciproconazol		150 g/Hl
	Caída de pétalos	Captan		2-3 kg/Hl
	Principio de abril	Tiran 80%		
	Final primavera	Mancozeb		
	Inicio verano	Captan		
Mancha ocre	Invierno	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6-8 kg/Hl
	Caída de pétalos	Captan		2-3 Kg/Hl
	Principios de abril	Tiram 80%		2-3 Kg/Hl
	Final de primavera	Mancozeb		2-3 Kg/Hl
Cribado	Invierno	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6-8 kg/Hl
	Caída de pétalos	Captan		2-3 Kg/Hl
	Principios de abril	Tiram 80%		2-3 Kg/Hl
Abolladura	Caída de pétalos	Captan	Pulverización	2-3 Kg/Hl
	Principios de abril	Tiram 80%		2-3 Kg/Hl
Mancha bacteriana	Prefloración	Oxicloruro de cobre 50%	Pulverización	6-8 kg/Hl
	Caída de hojas	Oxicloruro de cobre 50%		6-8 kg/Hl

Tabla 70. Recomendaciones de tratamientos químicos en el caso que fuese necesario para las principales enfermedades del almendro.

Anejo 7: Riego deficitario controlado

1. Introducción

Uno de los aspectos más importantes y más directamente relacionados con la productividad del almendro es el riego. En los últimos años se han podido constatar grandes aumentos de la productividad en relación al secano, pasando de una media de 120 kg grano/ha en secano a producciones de 2000-3000 kg grano/ha en regadío.

La producción del almendro responde de manera proporcional al agua aplicada, hasta llegar a una dosis máxima anual donde ya no aumentaría la producción. En la actualidad, se estima que el techo de producción se alcanza con dotaciones de agua de unos 12000m^3/ ha y año.

Somos conscientes, de que en muchas regiones de nuestro país no se dispone de esta dotación para regar al almendro, pero es importante donde se sitúa el techo productivo de este y adaptar nuestras técnicas productivas a nuestras posibilidades reales y a nuestros condicionantes económicos.

Por este motivo, dado a las limitaciones de agua existentes para el riego, el promotor ha decidido implantar el método de riego deficitario controlado, que permite obtener importantes volúmenes de producción mediante menores dotaciones de agua que son aportadas en los periodos críticos del cultivo preferentemente.

En la distribución anual de los riegos es muy importante tener presente que el almendro es más sensible en primavera a falta de agua que en verano. Debido a que en la primavera son desarrolladas aquellas fases que son más sensibles a la ausencia de agua y afectan directamente a la producción (floración, cuajado, crecimiento del fruto, crecimiento vegetativo, etc.). Pero también se ha observado en algunas investigaciones que la ausencia de agua en verano y antes de la cosecha podría generar una mayor floración y cuajado al año próximo.

2. Método de riego empleado

Como se ha citado anteriormente, el método de riego empleado va a ser el de riego deficitario controlado debido a la posible restricción de volúmenes de agua a aportar al cultivo.

En España no se dispone de mucha información acerca de los requerimientos de agua de riego a plena dotación, pero podríamos cifrarlas en 6000 m^3/ha y año, si bien es cierto que con dotaciones muy inferiores (2400 m^3/ha y año) también se han obtenido altas producciones.

Esta diversidad de respuesta frente a diferentes escenarios nos permite manejar diferentes dotaciones de agua de una manera muy plástica, adaptando los recursos hídricos a la productividad final obtenida.

Para nuestro caso, el volumen de agua que vamos a aplicar se asemeja al de los llamados Riegos de Baja Dotación, se trata de regadíos con dotaciones de 4000 y 5000 m^3/ha y año, localizados en zonas de pluviometrías medias anuales bajas que rondan los 400-500 mm (Girona, 2016).

Pero para diseñar una correcta distribución del agua de riego a aplicar en cada estado fisiológico en el que se encuentra el cultivo, es preciso conocer la demanda hídrica estacional para cada uno de los diferentes estados de este, así como la sensibilidad estacional de este cultivo al déficit hídrico. Para ello, vamos a tomar como referencia las propuestas de la FAO (FAO56 y FAO66). En la FAO56 (Allen, 1988) describe la metodología para determinar las necesidades hídricas de los cultivos de forma genérica, y en la FAO66 (Steduto, 2012) se analiza específicamente para cada cultivo las características de las necesidades hídricas, y donde hay un capítulo dedicado al almendro.

- <u>Sensibilidad estacional del almendro al déficit hídrico</u>

El almendro es un cultivo que presenta una excelente adaptación al clima mediterráneo, clima que se caracteriza por sus lluvias en primavera y otoño, y veranos secos y calurosos. Esta aclimatación del almendro hace que una gran parte de los procesos más sensibles al déficit hídrico ocurran en primavera y otoño, dejando para el verano el proceso de llenado del fruto que es menos sensible al déficit hídrico.

En la ilustración 11 se muestran los procesos más relevantes que suceden a lo largo del ciclo anual del almendro, y que se agrupan en 5 fases.

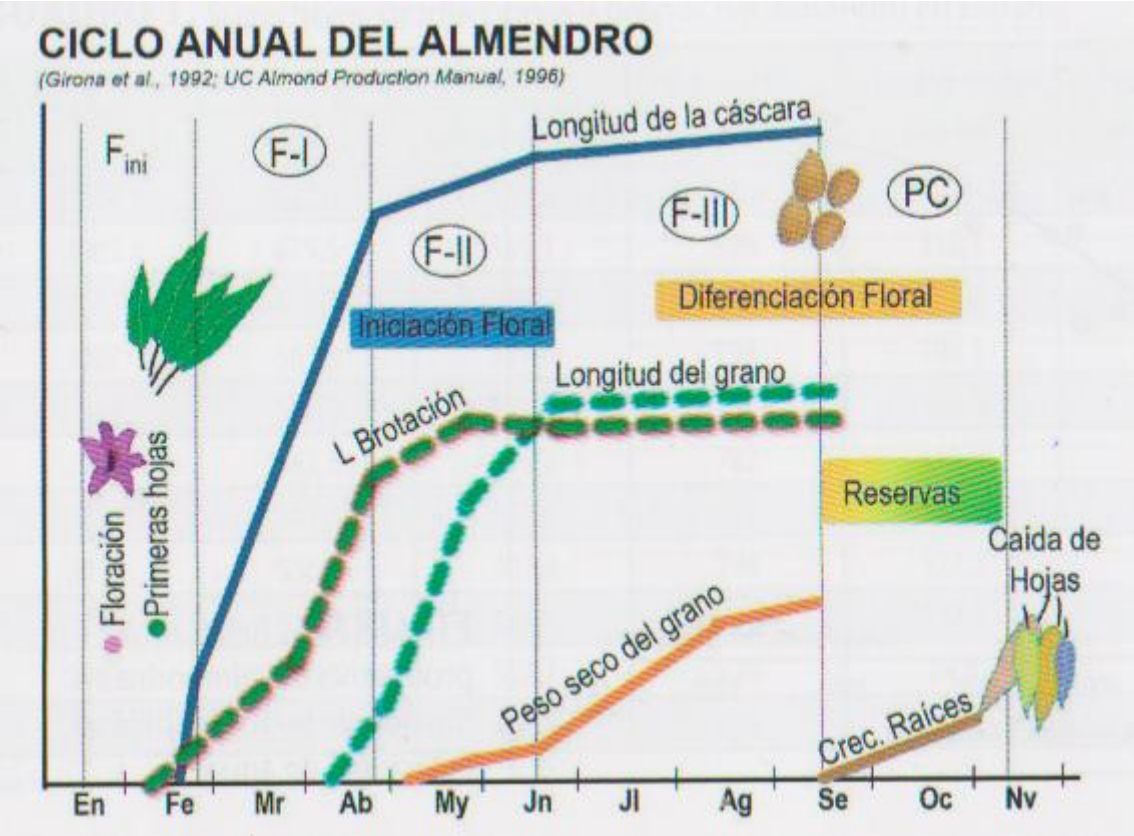


Ilustración 11. Ciclo anual del almendro (Gomis y Girnona, 2016).

a) Fase inicial.

En esta fase tiene lugar la floración, el cuajado del fruto y el inicio del crecimiento vegetativo (principalmente la aparición de las primeras hojas).

b) Fase 1.

Tienen lugar los procesos de crecimiento vegetativo (crecimiento del pellejo y la cáscara del fruto, crecimiento vegetativo de ramas y hojas, crecimiento de las yemas en la fase de iniciación floral, y crecimiento del tegumento que define la longitud potencial del grano de la almendra). Dado a que el crecimiento vegetativo es altamente sensible al déficit hídrico, la fase inicial junto a la fase 1 y 2, son periodos en los que el almendro presenta una alta sensibilidad a la falta de agua.

c) Fase 2.

Se trata de una prolongación de los procesos llevados a cabo en la Fase 1, de modo que presenta las mismas características.

d) Fase 3.

Una vez han finalizado los procesos de crecimiento vegetativo comienza el llenado del grano de la almendra y el endurecimiento de la cáscara que sucede en esta fase.

Hay que tener en cuenta que estos procesos necesitan disponibilidad de asimilados (carbohidratos procedentes de la fotosíntesis), y tanto la fotosíntesis como el transporte de asimilados son procesos mucho menos sensibles al déficit hídrico que el crecimiento vegetativo. De este modo, este proceso es menos sensible al déficit hídrico, es decir, los efectos de esta ausencia serán menos influyentes sobre la producción final obtenida.

e) Fase postcosecha.

En condiciones no limitantes, durante la Fase 3 se inicia el proceso de diferenciación floral, proceso de duración prolongada y que puede entrar en la fase de post cosecha si las condiciones previas a la cosecha no han sido lo suficientemente favorables.

Una vez realizada la cosecha de la almendra, y hasta la caída de las hojas, el árbol produce asimilados que le permitirán a la campaña siguiente tener un alto nivel de reservas.

Atendiendo a las necesidades hídricas del almendro en función del estado fisiológico mediante aplicaciones de agua restringidas, debemos asegurar los aportes demandados por la planta durante la Fase inicial, Fase 1, Fase 2 y postcosecha, pudiendo reducir las aportaciones de agua en verano (Fase 3).

- La gestión hídrica para Riegos de Baja Dotación

En este apartado se pretende analizar la información que disponemos acerca de los diferentes escenarios de disponibilidad de agua (Riegos de Baja Dotación en nuestro caso) y ver las consideraciones que debemos tener en cuenta para gestionar este tipo de riego.

Se trata de un escenario muy interesante para el almendro porque podrían llegarse a obtener producciones de 2500 kg grano/ha y una mayor facilidad en la gestión del riego.

Es muy importante aplicar las estrategias del riego deficitario controlado, aunque no habría problemas en aplicar el 100% de los recursos hídricos en la

Fase inicial, Fase 1, Fase 2 y Post Cosecha y unas reducciones en la Fase 3 que se situarían en un 70% sobre la demanda (Gomis y Girona, 2016).

En la tabla 71 se muestra un seguimiento de aplicación de riego en función del estado fisiológico en el que permanece el árbol.

Mes	Proceso fisiológico	Periodo	Riego
15 marzo – 15 junio	Alargamiento fruto, crecimiento de brotación, alargamiento del grano.	Crítico	Completo
15 junio – 15 sept.	Secado del grano, alargamiento ligero de grano y fruto y diferenciación floral.	No crítico	Deficitario controlado
15 sept. – 30 oct.	Diferenciación floral	Crítico	Completo

Tabla 71. Etapas fisiológicas del almendro correspondientes a los diferentes periodos fisiológicos, críticos y no críticos, para la aportación de riego completo y deficitario controlado (Gispert, 2010).

A continuación se mostrará en la tabla 72 un estudio llevado a cabo durante 4 años en una plantación adulta de 10 años de edad con una densidad de plantación de 333 árboles/ha y diferentes variedades variedades. Este trabajo demuestra la oportunidad que ofrece el Riego Deficitario Controlado (RDC) para el ahorro de agua en el almendro, sin reducción significativa de cosecha.

En este estudio se llevaron a cabo 4 escenarios:

- R-130: 130% (incremento del 30% sobre evapotranspiración máxima (ETm)).
- R-100: 100% (aportación de ETm (tratamiento de referencia)).
- R-70: 70% (reducción del 30% de la dosis respecto a ETm).
- RDC: 60% (aportación del 30% de agua entre 15/6 y 15/9 y el resto igual que R-100).

	R-130	R-100	R-70	RDC-60
Riego (m^3/ha)	5830	4590	3210	2730
Producción (Kg grano/ha)	1794a	1701a	1762a	1493b

Tabla 72. Dosis de riego (m^3/ha) y producción media (Kg grano/ha) para diferentes estrategias de riego (Gispert, 2010).

Los resultados obtenidos en la tabla 72 permiten observar un ahorro del 38,5% de agua de riego en RDC respecto al riego de referencia (R-100) con una reducción de cosecha de solo el 16%.

Como se ha mencionando anteriormente, es interesante llevar a cabo las restricciones de las aportaciones de agua necesaria en la Fase 3 (verano), ya que es cuando menos se ve comprometida la producción final obtenida.

Mediante este ensayo, se justifican las hipotéticas restricciones de agua llevadas a cabo que serían realizados en la plantación en periodos donde se impongas restricciones del volumen de agua a aplicar por parte de la Comunidad de regantes propia de esta plantación.

Anejo 8: Diseño agronómico

1. Introducción

El uso racional del agua requiere disponer de la información que facilite la toma de decisiones en base a los conocimientos técnicos adecuaos. Así pues es preciso conocer las necesidades hídricas de nuestra plantación para realizar un diseño agronómico lo más eficaz posible en base a las dotaciones de agua disponibles que son de unos 5000 m^3 para el caso de nuestra explotación.

El diseño agronómico es la parte del proyecto en cuanto que decide una serie de elementos de la instalación tales como número de emisores, disposición de los mismos, etc.

Además proporciona unos datos básicos para el posterior diseño hidráulico, como caudal por emisor y planta, duración de riego, etc.

El diseño agronómico de la instalación de riego localizado se desarrolla en dos fases:

- 1º Fase: Cálculo de las necesidades de agua.
- 2º Fase: Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego. Número de emisores por árbol y caudal del emisor.

2. Cálculo de las necesidades de agua

2.1. Reserva máxima de agua en el suelo

Del análisis de suelo correspondiente al anjeo 2 se ha determinado los valores de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez (PMP) y a partir de ellos el valor de la reserva máxima de agua en el suelo.

De modo que según los cálculos, en el balance hídrico, el valor de reserva máxima en el suelo suponiendo que la planta comienza a sufrir estrés cuando haya consumido 1/3 de la reserva máxima del suelo, será de 49,35 mm.

2.2. Calculo de la ETo

El cálculo de este parámetro está especificado en el Anejo 1 que pertenece al Estudio Climático donde vienen reflejados los datos de la estación meteorológica de Tardienta.

Para el cálculo de las necesidades hídricas de este Anejo, precisaremos conocer los valores de ETo media mensual, que son los siguientes valores:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
ETo (mm)	31,8	48,9	84,6	110,0	154,2	179,2	212,8	184,8	120,0	73,6	40,4	27,2

Tabla 73. Valores de ETo media mensual (mm) para los años del 2005 al 2016 (Oficina del regante, 2016).

2.3. Calculo de la ETC

Para el cálculo de la ETC de cada cultivo se utiliza la ETo que se ha obtenido de la estación meteorológica de Tardienta:

$$ETC = ETo \times Kc$$

Donde:

- ETo : Evapotranspiración de referencia.
- Kc : coeficiente del cultivo. Depende del cultivo y la fase de desarrollo. Estos valores de K_c han sido obtenidos de un ensayo llevado a cabo en Cataluña (Gispert, 2010). El resto de los meses no se consideran irrelevantes puesto que la evapotranspiración en estos meses es mínima.

MES	E	F	M	A	M	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
ETo (mm/mes)	31,8	48,9	84,6	110,0	154,2	179,2	212,8	184,8	120,0	73,6	40,4	27,2
Kc	-	-	0,5	0,6	0,75	0,85	0,94	0,94	0,9	0,8	-	-
ETC (mm/mes)	-	-	42,3	66,04	115,7	152,3	200,0	173,7	108,0	58,9	-	-

Tabla 74. Resultado de la ETC mensual (mm) en Almudevar para el cultivo del almendro.

ETo : Evapotranspiración de referencia (mm/mes) (Oficina del regante, 2016).
Kc : coeficiente del cultivo. Depende del cultivo y la fase de desarrollo. Estos valores de K_c han sido obtenidos de un ensayo llevado a cabo en Cataluña (Gispert, 2010). El resto de los meses no se consideran irrelevantes puesto que la evapotranspiración en estos meses es mínima.
ETC : Evapotranspiración del cultivo (mm/mes).

2.3.1. Correcciones de la evapotranspiración del cultivo (ETC)

Se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la ETC por el efecto de diversas causas.

Las principales causas que afectan a este valor para nuestra localización y manejo de la plantación se van a describir a continuación.

- EFECTO DE LOCALIZACIÓN (K_L)

Este factor de corrección se basa en la "fracción de área sombreada por el cultivo".

Este valor, prácticamente se calcula estimando el volumen de sombra que es proyectado al suelo por la copa del árbol. Dado a que en nuestra plantación disponemos de un marco de plantación de 3,5 x 5,5 (régimen semi-intensivo), aproximadamente determinamos que este valor de sombreamiento será del 70%.

Estos métodos suponen que a efectos de evapotranspiración el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor. Diversos autores han estudiado la relación entre Kl y A, obteniendo las siguientes formulas:

Aljibury et al.	Kl = 1,34 A	Kl=0,871
Decroix	Kl = 0,1 + A	Kl=0,75
Hoare et al.	Kl = A + 0,5 (1 – A)	Kl=0,825
Keller	Kl = A + 0,15 (1 – A)	Kl=0,7025

Tabla 75. Fórmulas obtenidas por diversos autores al estudiar la relación entra Kl y A.

Donde:

K_l : Efecto de la localización.
A : Área sombreada.

De estos 4 valores se desprecian los dos extremos y se hace la media de los dos centrales. De esta forma obtenemos Kl = 0,7875.

- EFECTO DE LAS CONDICIONES LOCALES

Se deben realizar dos tipos de correcciones por condiciones locales:

- Variación climática (Ka)

Según el criterio de Hernández Abreu (Jimenez, 2012), debemos dimensionar este valor multiplicando por un factor comprendido entre 1,15 y 1,20.

De modo que tomamos Ka = 1,15.

- Variación por advención (Kr)

El factor por el que debemos dimensionar nuestra ETo dependerá de las dimensiones de nuestra parcela a regar.

Para una parcela de 21,67 ha como la nuestra, el factor de corrección debe ser de 0,8.

MES	E	F	M	A	M	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
ETC (mm/mes)	-	-	42,3	66,0	115,7	152,3	200,0	173,7	108,0	58,9	-	-
Kl	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	-	-
Ka	-	-	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	-	-
Kr	-	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-
ETC corregida (mm/mes)	-	-	30,7	48,0	84,1	110,7	145,4	126,3	78,5	42,8	-	-

Tabla 76. Valores de la ETC con sus respectivos factores de corrección.

Donde:

K_l : Efecto de la localización.
K_a : Variación climática.
K_r : Variación por advención.

2.4. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

Los valores de precipitación efectiva permaneces indicados en el Anejo del Estudio Climático. Para los cálculos de necesidades hídricas del presente Anejo necesitaremos los valores medios que son los siguientes:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
PE	7,1	9,3	20,1	22,9	10,7	11	7	8,3	18,3	22,7	14,5	7,3

Tabla 77. Valores de la PE media (mm) para los años del 2005 al 2016 (Oficina del regante, 2016).

Donde:

PE (mm) : Precipitación efectiva.

2.5. Necesidades netas

En la zona que nos situamos hay una precipitación total anual menor al de la evapotranspiración del cultivo, por lo que deberemos regar en la mayoría de meses del año. Las necesidades netas de agua de riego se obtienen de la siguiente expresión:

$$Nn = ETc – Pe – Gw – Aw$$

Siendo:

- Nn: necesidades netas de agua de riego
- ETC: evapotranspiración del cultivo.
- Pe: es la precipitación efectiva. Es decir, el agua proveniente de la precipitación que llega a infiltrarse en el suelo. Para el cálculo de las necesidades del riego se estima Pe=0.
- Cw: es el aporte de agua por ascenso capilar a la altura de las raíces desde un nivel freático. Para el diseño de riego, se estima un valor nulo.
- Aw: es la variación de almacenamiento de agua en el suelo. No se estima variación en el almacenamiento del suelo para el cálculo del riego.

Por lo tanto la expresión anterior quedará:

$$Nn = ETC$$

Las necesidades netas es la cantidad de agua que deberán tomar las raíces de la planta para el correcto desarrollo del cultivo.

En la siguiente tabla se muestra el balance hídrico teniendo en cuenta los parámetros anteriores:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	**AÑO**
PE (mm)	7,1	9,3	20,1	22,9	10,7	11	7	8,3	18,3	22,7	14,5	7,3	**159,5**
ETC (mm)	-	-	30,7	48,0	84,1	110,7	145,4	126,3	78,5	42,8	-	-	**666,7**
PE- ETC (mm)	-	-	10,6	25,1	73,4	99,7	138,4	118	60,2	20,1	-	-	**545,7**
Reserva (mm)	49,3	49,3	38,6	24,2	0	0	0	0	0	29,2	49,3	49,3	**289,5**
Déficit (mm)	-	-	-	-	73,4	99,7	138,4	118	60,2		-	-	**489,8**
Exceso (mm)	7,1	9,3	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	7,3	**38,2**

Tabla 78. Balance hídrico de nuestra parcela.

Donde:

PE (mm) = Precipitación efectiva (Oficina del regante, 2016).
ETC (mm) = Evapotranspiración del cultivo.

Las necesidades netas son de 4898 m^3/ha y año. En vista de los resultados se va a regar desde Mayo hasta Septiembre.

2.6. Necesidades de riego reales

Una vez calculadas las necesidades netas a aportar al cultivo, es importante considerar una serie de factores que nos limitarán parte del volumen de agua aplicado durante el riego, de modo que el volumen final a aportar (necesidades totales) será mayor que las necesidades netas del cultivo implantado.

Los factores a tener en cuenta son:

- Falta de uniformidad en el riego: Debido a que no todos los goteros aplican el mismo caudal (debido a caídas de presión, desgastes, roturas, etc.), debemos tener en cuenta un cierto margen para asegurar que todos los goteros apliquen el caudal mínimo demandado.
- Eficacia de aplicación: Este valor viene condicionado por algunos factores como la textura del suelo, clima y profundidad del sistema radicular.

La eficiencia de aplicación (Ea): Este coeficiente tiene en cuenta las pérdidas de agua en el perfil motivadas por percolación profunda. En la ilustración 12 se dan unos valores medios para la evaluación de la eficiencia de la aplicación del riego. En nuestro caso, el sistema de riego localizado presenta pocas pérdidas ya que si se realiza el riego correctamente se puede obtener un riego eficiente.

CLIMAS ARIDOS				
Profundidad radicular (cm)	Textura			
	Gravosa	Gruesa	Media	Fina
< 75 cm	0.85	0.90	0.95	0.95
75 a 150	0.90	0.90	0.95	0.95
> 150	0.95	0.95	1.00[1]	1.00
CLIMAS HUMEDOS				
Profundidad radicular (cm)	Textura			
	Gravosa	Gruesa	Media	Fina
< 75	0.65	0.75	0.85	0.90
75 a 150	0.75	0.80	0.90	0.95
> 150	0.85	0.90	0.95	1.00

Ilustración 12. Valores típicos de la eficacia de aplicación del riego por goteo.

En la parcela a estudiar disponemos de un clima árido, una textura del suelo media y una profundidad radicular de 1metro, por lo que se toma un valor de Ea = 0,95.

El coeficiente de uniformidad (Cu): Es un coeficiente que nos da idea de la uniformidad del sistema de riego. Con la instalación funcionando se puede estimar con exactitud realizando un estudio de la cantidad de agua qua aporta cada emisor. Para la realización del estudio del sistema de riego se estima un coeficiente de uniformidad para un sistema de riego por goteo del 95%. Por lo tanto Cu = 0,95.

Las necesidades totales de riego (Nt) se obtendrán de la siguiente expresión:

$$Nt = \frac{Nn}{(Ea \cdot Cu)}$$

En nuestro caso, las necesidades de riego serán:

Mes	E	F	Mar	A	May	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Nn	-	-	-	-	73,4	99,75	138,41	118	60,24	-	-	-
Nt	-	-	-	-	81,33	110,52	153,36	130,75	66,75	-	-	-

Tabla 79. Necesidades totales de agua para nuestra parcela en diferentes épocas del año.

Donde:

Nn (mm) : Necesidades netas.
Nt (mm) : Necesidades totales.

Por lo que el volumen total de agua a aplicar es de 5427 m^3/ha.

Como ya se ha mencionado en el Anejo de Riego Deficitario Controlado, reduciremos aportaciones de riego en ciertas etapas de producción para ajustarnos a nuestra dotación de agua de 5000m^3/ha.

3. Parámetros del riego

3.1. Porcentaje de superficie mojada

Una de las características de los riegos localizados de alta frecuencia, entre los que se encuentra el goteo, es precisamente la localización, es decir, el aplicar el agua solamente a una parte del suelo. A efectos de diseño es necesario establecer un mínimo de volumen de suelo a humedecer, lo cual es algo complicado, por lo que el concepto de porcentaje de suelo mojado se sustituye por el porcentaje de superficie mojada, el cual es más fácil de manejar y medir.

Este parámetro fue definido por Keller y Karmeli (1974) como la relación, expresada en tanto por 100, entre el área mojada por los emisores y el área total.

En 1978, Keller Merina estandarizan que el área mojada se mida a 30 cm de profundidad y posteriormente H. Abreu sugiere que esa medida se haga a la profundidad en la que la densidad radicular sea máxima. Este último autor propone una modificación de la definición en que el porcentaje de superficie de Keller se multiplica por la fracción de área sombreada. El parámetro “porcentaje de superficie mojada” se representa con la letra P.

La elección del “porcentaje de superficie mojada” es algo importante puesto que valores de P elevados aumentan la seguridad del sistema, pero por el contrario aumenta también el coste de la instalación.

Para nuestro caso, según lo visto en la figura anterior con un marco plantación establecida de 5,5 x 3,5 m, adoptamos un valor de 25%.

3.2. Área mojada por cada emisor

El área mojada por un emisor está influenciada por diversos factores como textura, estratificación del suelo, caudal del emisor y tiempo o volumen de riego.

Para calcular el área mojada por cada emisor debemos elegir el tipo de emisor a usar. La mayoría de los goteros trabajan a presiones en torno a 10 m.c.a con caudales unitarios que oscilan entre 2 y 16 l/h (goteros de bajo caudal), el utilizado en el presente proyecto será de 4 litros/hora. La tubería de goteo que se instalará dispondrá de gotero integrado autocompensante y se utilizarán de Categoría A, lo que asegura una elevada uniformidad (CV=0,03).

El diámetro mojado por un emisor en un suelo de textura media se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Øm = 0{,}7 + 0{,}11 \cdot q$$

En donde

- Øm: es el diámetro mojado (m)
- q: es el caudal del emisor (l/h)
- Tomamos como caudal del emisor q=8 l/h, se obtienen los siguientes resultados:

$$Øm = 0{,}7 + 0{,}11 \cdot 4$$

$$Øm = 1{,}02\ m$$

Por tanto, el área mojada por el emisor (A_e) será:

$$A_e = \frac{\pi \cdot Øm^2}{4}$$

$$A_e = \frac{\pi \cdot 1{,}02^2}{4} = 0{,}817\ m^2$$

3.3. NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA

El número de emisores por planta se determina mediante la siguiente expresión:

$$e = \frac{S_p \cdot P}{100 \cdot A_e}$$

En donde

- e: es el número de emisores por planta
- S_p: es la superficie ocupada por planta (m^2)
- P: es el porcentaje de superficie mojada, fijado en el apartado anterior de este documento
- A_e: es el área mojada por emisor (m^2)

Se adoptara el valor entero inmediatamente superior.

Para el cálculo del número de emisores por planta, se tiene en cuenta el marco de plantación establecido en la plantación.

S_p= 5,5 × 3,5 = 19,25 m^2

P=40 %

A_e=1,96 m^2

Por tanto, se obtiene:

$$e = \frac{19{,}25 \cdot 25}{100 \cdot 0{,}817} = 5{,}89\ emisores$$

Por lo que: $\mathrm{e} = 6\ \mathrm{emisores\ por\ planta}$.

3.4. Separación entre emisores

Hay que tener en cuenta durante el primer período de la plantación que si los emisores se sitúan de forma que el bulbo húmedo no este próximo a las raíces, estas pueden encontrar dificultad en atravesar el suelo situado entre el árbol y los bulbos, ya que habrá poca humedad, por tanto es recomendable situar los emisores próximos al tronco del árbol.

El solape se define en forma de porcentaje respecto al radio del bulbo húmedo. Dicho porcentaje de solape debe estar comprendido entre 15 y 30 por 100. En este caso, se toma un 20% para tomar un valor medio.

La separación entre emisores S_e debe ser:

$$S_e = r \cdot (2 - \frac{a}{100})$$

En donde

- r: es el radio del bulbo húmedo
- a: es el porcentaje de solape, establecido en a=20% (mencionado anteriormente).

Por tanto se obtiene, el radio hidráulico a partir del diámetro calculado anteriormente:

$$r = \frac{Øm}{2}$$

$$r = \frac{1{,}02}{2}$$

$$r = 0{,}51\ m$$

Una vez calculado el radio del bulbo (r), calculamos la separación entre emisores:

$$S_e = 0{,}51 \cdot (2 - \frac{20}{100})$$

$$S_e = 0{,}918\ m$$

Los emisores deberían estar separados 0,918 metros entre sí para obtener un correcto solape.

Comercialmente existen separaciones estándar entre emisores de tubería porta gotero en múltiplos de 0,2m, por lo que se elige una tubería con una separación entre emisores de 1metro.

La separación entre emisores queda establecida en S_e=1 metro.

Como se establecen dos mangas de goteros por cada fila de arboles, dispondremos 3 goteros por manga y árbol, de modo que para cada árbol colocaremos un gotero en el pie del árbol y los otros dos separados 1 metro de este, creando así una banda húmeda.

4. Características mensuales del riego

Para proceder a cálculos de volúmenes e intervalos de riegos es muy importante conocer la textura (textura franca en nuestro caso) y el comportamiento de nuestro suelo realizando algunos ensayos.

Para ello se ha tomado un ensayo realizado por Pizarro, el cual lo ha elaborado con un suelo de textura similar al nuestro por lo que los datos obtenidos serán similares.

Ve (l)	r (m)	p (m)
4	0,25	0,3
8	0,33	0,39
12	0,4	0,5
16	0,59	0,63
20	0,76	0,69
24	0,8	0,9
28	0,83	1,05
32	0,86	1,22

Tabla 80. Ensayo realizado donde se determinan las dimensiones del bulbo en función del volumen de riego aplicado (Pizarro, 2006).

Donde:

- Ve (litros): Volumen de agua por emisor en cada riego.
- r (m): radio del bulbo húmedo.
- p (m): profundidad del bulbo húmedo.

Debido a que necesitamos disponer de una profundidad de bulbo de 0,9 a 1,1 metros, según la Figura 9, debemos aplicar riegos de 28 litros para conseguir estas características.

MAYO

En el mes de mayo las necesidades netas son de 81,33 mm.

$$\frac{81{,}33\ l}{m2} \times \frac{19{,}25\ m2}{arbol} = 1561{,}54 \text{ l/árbol y mes} = 50{,}5 \text{ l/árbol y día}$$

- ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO

Para dicho cálculo utilizamos la siguiente expresión:

$$I = \frac{e \times Ve}{Nt} = \frac{6 \times 28}{50{,}5} = 3{,}33 \text{ días.}$$

Donde:

- I: Intervalo entre riegos.
- Ve (litros): Volumen de agua por emisor en cada riego.
- Nt: Necesidades totales de riego (litros/árbol y día).

De modo que durante el mes de mayo vamos a necesitar aplicar riegos cada 3,33 días, se toma la decisión de regar mensualmente con intervalos de 3 días.

$$t = \frac{Nt}{e \times q} = \frac{50{,}5}{6 \times 4} = 2{,}1 \text{ horas.}$$

Siendo:

- t : Duración del riego (horas).
- Q: Caudal de cada emisor (l/h).

- NÚMERO DE RIEGOS POR MES

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y el intervalo entre riegos.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N}{T} = \frac{31}{3} = 10{,}33 \frac{riegos}{mes}$$

En donde

- N: son los días del mes de máximas necesidades.
- T: es el intervalo entre riegos.

- DOSIS DE RIEGO

$$Ve = t \times q = 2{,}1 \times 4 = 8{,}4 \text{ litros.}$$

$$D = e \times Ve = 6 \times 8{,}4 = 50{,}4 \text{ litros/planta.}$$

Siendo:

- q : caudal de cada emisor (litros/hora).
- D : Dosis de riego aportada (litros/planta).

JUNIO

En el mes de junio las necesidades netas son de 110,52 mm.

$$\frac{110{,}52\ l}{m2} \times \frac{19{,}25\ m2}{arbol} = 2127{,}51 \text{ l/árbol y mes} = 70{,}88 \text{ l/árbol y dia.}$$

- ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO

Para dicho cálculo utilizamos la siguiente expresión:

$$I = \frac{e \times Ve}{Nt} = \frac{6 \times 28}{70{,}88} = 2{,}37 \text{ días.}$$

Donde:

- I: Intervalo entre riegos.
- Ve (litros): Volumen de agua por emisor en cada riego.
- Nt: Necesidades totales de riego (litros/árbol y día).

De modo que durante el mes de junio vamos a necesitar aplicar riegos cada 2,37 días, se toma la decisión de regar mensualmente con intervalos de 2 días.

$$t = \frac{Nt}{e \times q} = \frac{70{,}88}{6 \times 4} = 2{,}95 \text{ horas.}$$

Siendo:

- t : Duración del riego (horas).
- q : Caudal de cada emisor (l/h).

- NÚMERO DE RIEGOS POR MES

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y el intervalo entre riegos.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N}{T} = \frac{30}{2} = 15\,\frac{riegos}{mes}$$

En donde

- N: son los días del mes de máximas necesidades.
- T: es el intervalo entre riegos.

- DOSIS DE RIEGO

$$Ve = t \times q = 2{,}95 \times 4 = 11{,}8 \text{ litros.}$$

$$D = e \times Ve = 6 \times 11{,}8 = 70{,}8 \text{ litros/planta.}$$

Siendo:

- q : caudal de cada emisor (litros/hora).
- D : Dosis de riego aportada (litros/planta).

JULIO

En el mes de julio las necesidades netas son de 153,36 mm.

$$\frac{153{,}36\ l}{m2} \times \frac{19{,}25\ m2}{arbol} = 2952{,}18 \text{ l/árbol y mes} = 95{,}23 \text{ l/árbol y día}$$

- ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO

Para dicho cálculo utilizamos la siguiente expresión:

$$I = \frac{e \times Ve}{Nt} = \frac{6 \times 28}{95{,}23} = 1{,}76 \text{ días.}$$

Donde:

- I: Intervalo entre riegos.
- Ve (litros): Volumen de agua por emisor en cada riego.
- Nt: Necesidades totales de riego (litros/árbol y día).

De modo que durante el mes de julio vamos a necesitar aplicar riegos cada 1,76 días, se toma la decisión de regar mensualmente con intervalos de 2 días.

$$t = \frac{Nt}{e \times q} = \frac{95{,}23}{6 \times 4} = 3{,}97 \text{ horas.}$$

Siendo:

- t : Duración del riego (horas).
- q : Caudal de cada emisor (l/h).

- <u>NÚMERO DE RIEGOS POR MES</u>

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y el intervalo entre riegos.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N}{T} = \frac{31}{2} = 15\,\frac{riegos}{mes}$$

En donde

- N: son los días del mes de máximas necesidades.
- T: es el intervalo entre riegos.

- <u>DOSIS DE RIEGO</u>

$$Ve = t \times q = 3{,}97 \times 4 = 15{,}88 \text{ litros.}$$

$$D = e \times Ve = 6 \times 15{,}88 = 95{,}28 \text{ litros/planta.}$$

Siendo:

- q : caudal de cada emisor (litros/hora).
- D : Dosis de riego aportada (litros/planta).

<u>AGOSTO</u>

En el mes de agosto las necesidades netas son de 130,75 mm.

$$\frac{130{,}75\ l}{m2} \times \frac{19{,}25\ m2}{arbol} = 2516{,}94 \text{ l/árbol y mes} = 81{,}19 \text{ l/árbol y día.}$$

- ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO

Para dicho cálculo utilizamos la siguiente expresión:

$$I = \frac{e \times Ve}{Nt} = \frac{6 \times 28}{81{,}19} = 2{,}07 \text{ días.}$$

Donde:

- I: Intervalo entre riegos.
- Ve (litros): Volumen de agua por emisor en cada riego.
- Nt: Necesidades totales de riego (litros/árbol y día).

De modo que durante el mes de mayo vamos a necesitar aplicar riegos cada 2,07 días, se toma la decisión de regar mensualmente con intervalos de 2 días.

$$t = \frac{Nt}{e \times q} = \frac{81{,}19}{6 \times 4} = 3{,}38 \text{ horas.}$$

Siendo:

- t : Duración del riego (horas).
- q : Caudal de cada emisor (l/h).

- NÚMERO DE RIEGOS POR MES

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y el intervalo entre riegos.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N}{T} = \frac{31}{2} = 15\,\frac{riegos}{mes}$$

En donde

- N: son los días del mes de máximas necesidades.
- T: es el intervalo entre riegos.

- DOSIS DE RIEGO

$$Ve = t \times q = 3{,}38 \times 4 = 13{,}52 \text{ litros.}$$

$$D = e \times Ve = 6 \times 13{,}52 = 81{,}12 \text{ litros/planta.}$$

Siendo:

- q : caudal de cada emisor (litros/hora).
- D : Dosis de riego aportada (litros/planta).

SEPTIEMBRE

En el mes de mayo las necesidades netas son de 66,75 mm.

$$\frac{66{,}75\ l}{m2} \times \frac{19{,}25\ m2}{arbol} = 1284{,}94 \text{ l/árbol y mes} = 42{,}83 \text{ l/árbol y día.}$$

- ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO

Para dicho cálculo utilizamos la siguiente expresión:

$$I = \frac{e \times Ve}{Nt} = \frac{6 \times 28}{42{,}83} = 3{,}92 \text{ días.}$$

Donde:

- I: Intervalo entre riegos.
- Ve (litros): Volumen de agua por emisor en cada riego.
- Nt: Necesidades totales de riego (litros/árbol y día).

De modo que durante el mes de mayo vamos a necesitar aplicar riegos cada 3,92 días, se toma la decisión de regar mensualmente con intervalos de 4 días.

$$t = \frac{Nt}{e \times q} = \frac{42{,}83}{6 \times 4} = 1{,}78 \text{ horas.}$$

Siendo:

- t : Duración del riego (horas).
- q : Caudal de cada emisor (l/h).

- NÚMERO DE RIEGOS POR MES

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y el intervalo entre riegos.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N}{T} = \frac{30}{4} = 7{,}5\,\frac{riegos}{mes}$$

En donde

- N: son los días del mes de máximas necesidades.
- T: es el intervalo entre riegos.

- DOSIS DE RIEGO

$$Ve = t \times q = 1{,}78 \times 4 = 7{,}12 \text{ litros.}$$

$$D = e \times Ve = 6 \times 7{,}12 = 42{,}72 \text{ litros/planta.}$$

Siendo:

- q : caudal de cada emisor (litros/hora).
- D: Dosis de riego aportada (litros/planta).

5. Diseño agronómico

Datos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
ETo (mm/mes)	154,28	179,27	212,84	184,87	120,08
Kc	0,75	0,85	0,94	0,94	0,9
ETC (mm/mes)	115,71	152,38	200,07	173,78	108,07
Kl	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Ka	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Kr	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ETC corregida (mm/mes)	84,1	110,75	145,41	126,3	78,54
Nt (mm/mes)	81,33	110,52	153,36	130,75	66,75
Nt (litros/árbol y día)	50,5	70,88	95,23	81,19	42,83
Intervalo entre riegos (nº días)	3	2	2	2	4
Duración riego requerido (horas)	2,1	2,95	3,97	3,38	1,78
Dosis de riego requerida (litros/planta)	50,4	70,4	95,28	81,12	42,72

Tabla 81. Cuadro resumen del diseño agronómico de nuestra plantación.

Atendiendo a las necesidades totales de la plantación, debemos aportar 5427 m^3/año. Como solo disponemos de una dotación de agua anual de alrededor de 5000 m^3, usaremos la técnica de riego deficitario controlado para restringir las aportaciones de agua en ciertas etapas fisiológicas del árbol.

Anteriormente ya se ha definido el manejo del riego deficitario controlado a lo largo de las diferentes etapas fisiológicas del almendro, para ello aplicaremos el 100% de los recursos hídricos en la Fase inicial, Fase 1, Fase 2 y Post Cosecha y unas reducciones en la Fase 3 que se situarían en un 70% sobre la demanda. Este es el método empleado por Joan Girona, ya que ha argumentado como poder ahorrar el 38,5% de agua de riego en RDC respecto al riego de referencia (R-100) con una reducción de cosecha de solo el 16% tal como se muestra en el estudio del Anejo del RDC (Gomis y Girona, 2016).

El hecho de poder reducir en torno a un 30% los recursos hídricos durante la fase 3 (durante el verano), siendo esta la etapa de mayores necesidades hídricas del almendro, nos permite reducir ampliamente el volumen de agua aplicado.

En la Tabla 82 se indican las cantidades a aplicar en cada riego, ajustando el volumen de agua total mediante la técnica de riego deficitario controlado.

Datos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Nt (litros/árbol y día)	50,5	70,88	95,23	81,19	42,83
Intervalo entre riegos (nº días)	3	2	2	2	4
Duración riego requerido (horas)	2,1	2,95	3,97	3,38	1,78
Dosis de riego requerida (litros/planta)	50,4	70,4	95,28	81,12	42,72
Reducción de dosis de riego (%)	0	15	30	30	10
Dosis de riego aplicada (litros/planta y día)	50,4	59,84	66,7	56,78	38,45
Duración riego aplicado (horas)	2,1	2,51	2,78	2,37	1,6

Tabla 82. Dosis de riego reales a aplicar teniendo en cuenta las reducciones aplicadas en ciertos periodos del año (Riego Deficitario Controlado).

Dado a que hemos reducido las aportaciones de agua en cada riego aplicado en ciertas etapas del cultivo, debemos calcular la duración de estos riegos, para ello se usa la misma fórmula empleada para el cálculo de la duración del riego requerido:

$$t\ (\text{horas}) = \frac{Nt}{e \times q}$$

Siendo:

- t: duración de cada riego aplicado (horas).
- Nt: Necesidades requeridas en dicho riego (litros/planta).
- e: numero de emisores.
- q: Caudal de cada emisor (litros/hora).

Con estas reducciones de agua durante periodos fisiológicos en los que el almendro no precisa el 100% de sus necesidades hídricas, conseguimos realizar un manejo adecuado del Riego Deficitario Controlado ya que precisaremos una dotación de agua adecuada para las dotaciones disponibles ya que precisaremos 4342,3 m^3/ha.

Estas dotaciones de agua se aplicarán a lo largo de toda la vida útil de la plantación, excepto en los tres primeros años que se aplicarán unas reducciones del 30% como consecuencia del menor volumen de copa de los árboles.

Anejo 9: Necesidades nutricionales y fertirrigación

1. Introducción

Para el desarrollo de las plantas, estas necesitan agua, aire y nutrientes. Los nutrientes se diferencian principalmente en dos grupos:

Macronutrientes

Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), los cuales están presentes en el tejido vegetal seco en concentraciones superiores a 1000 mg/kg (ppm).

Micronutrientes

Hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), etc. Estos son necesarios para la planta a unas concentraciones inferiores a 500 mg/kg, pero interfieren en que el desarrollo de la planta sea el adecuado. En circunstancias de extrema escasez un microelemento puede adquirir mayor relevancia que un macroelemento.
El transporte de estos nutrientes presentes en la solución del suelo hacia las raíces dependerá de la concentración de estos y del nivel de evapotranspiración del cultivo.

La transpiración es el proceso de ascenso de agua desde el suelo hacia la planta, dependiendo de diversos factores como el clima, edad de la planta y el tipo de suelo. De modo que las necesidades nutricionales de un almendro joven no serán las mismas que la de un almendro en plena producción, debido a ello, no se puede crear un único plan de abonado anual, sino que este será modificado en función de los factores citados anteriormente.

Dos herramientas muy útiles para la elaboración de un plan de abonado son un análisis de suelos y un análisis foliar.

El análisis del suelo nos aportará las limitaciones del mismo, pero hay que tener en cuenta que los valores nutritivos del suelo no son los mismos que los de la planta, aunque estos estén relacionados.

Para conocer el nivel de nutrientes de la planta es útil realizar un análisis foliar, ya que nos indicara posibles desórdenes nutritivos en esta para optimizar el proceso de abonado.

La necesidad de agregar algún nutriente especifico vía fertilización, ya sea al suelo o directamente vía foliar vendrá determinada cuando sean mayores las necesidades del árbol que lo que el suelo pueda aportarle.

2. Principales elementos nutritivos en el almendro

Como se ha mencionado anteriormente, existen dos grupos principales de nutrientes, los cuales se van a describir con mayor profundidad:

- Macronutrientes:

Nitrógeno

El nitrógeno favorece el crecimiento y formación de la estructura del almendro, contribuyendo a una mejor fecundación e incremento de la capacidad de las hojas para la función clorofílica. Es el elemento fertilizante de mayor interés.

Fósforo

El potasio es un elemento básico cuya principal misión es intervenir en la formación de almidón y en la fotosíntesis, dando tamaño peso y calidad al fruto. El consumo de potasio se ve intensificado a partir de la floración, alcanzando las máximas necesidades durante el desarrollo y engorde del fruto.

Potasio

El fósforo es útil en todo proceso de floración y polinización, ayudando al desarrollo del sistema radicular y a la lignificación de las brotaciones. Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono y su papel como transportador y proveedor de energía es indispensable para el metabolismo celular.
Con este elemento se tiene que tener cuidado en los suelos calizos, ya que tiene una retrogradación mayor pudiendo formar compuestos insolubles.

Magnesio

El magnesio está retenido en el suelo por el complejo arcillo-húmico, con menos fuerza que el potasio. Son raras las carencias en magnesio ya que los suelos tienen un contenido adecuado de sales magnéticas. En nuestro caso con el pH alto no tendremos problemas.

- Micronutrientes:

Azufre

Aunque es un elemento indispensable en el crecimiento del almendro es difícil encontrar estados carenciales, ya que el suelo suele estar bien dotado de este elemento. Además muchos de los fertilizantes y fitosanitarios los contienen.

El azufre esta en el suelo como ion SO^{-2}_4, muy móvil en el perfil del cultivo.

Calcio

Tanto en hojas como en partes lignificadas, entre las que se encuentran las cáscaras, contienen grandes cantidades de calcio. El calcio forma parte de la constitución de las membranas celulares.

Los suelos de la España oriental contienen grandes cantidades d caliza activa, en algunos casos constituye pues un problema por exceso y no por defecto.

Solamente puede haber problemas carenciales de Calcio en suelos muy ácidos, que no es nuestro caso.

Hierro

El hierro en el suelo puede encontrarse en forma ferrosa (asimilada fácilmente por la planta) o en forma férrica (poco soluble).

En las plantas es un elemento esencial para la formación del pigmento clorofílico, se asimila en forma ferrosa ($Fe^{+2)}$ y en forma orgánica.

El contenido de este elemento en los tejidos vegetales varía entre 20 y 250 miligramos por Kg. de materia seca.

El hierro toma parte en los procesos respiratorios de la planta y contribuye a la formación de las proteínas.

Los síntomas de su carencia se detectan en las hojas por perder su color verde (clorosis férrica). Primero amarillean las hojas entre los nervios conservando éstas su color verde, siendo las jóvenes las más afectadas.

Los frutales consumen hierro en mucha cantidad, siendo uno de los elementos más importantes para un perfecto desarrollo de los frutos.

Existen diferentes condiciones que provocan una deficiencia de hierro como puede ser la existencia de un pH elevado en el suelo, o que el suelo sea excesivamente calizo o excesivamente rico en fósforo.

Zinc

Forma parte de diversas enzimas y auxinas de crecimiento. Por ellos su falta causa mermas de crecimiento en los entre nudos y hojas pequeñas agrupadas en roseta. También interfiere en el metabolismo de los glúcidos. Forma parte de la clorofila. Pueden aparecer carencias en suelos muy abonados con fósforo (por antagonismo con este elemento) y en suelos con pH muy alto donde el ion Zinc es poco móvil. Por el contrario en suelos muy ácidos puede aparecer toxicidad.

Cobre

Forma parte de diversas enzimas de oxidación.

El comportamiento de este ion es parecido al del zinc, por lo tanto es poco móvil y menos absorbible contra mayor es el pH. Igualmente existe un antagonismo con el fósforo.

Multitud de fungicidas de aplicación común contienen cantidades importantes de cobre.

Manganeso

Forma parte de algunas enzimas y juega un papel importante en la fotosíntesis.

El ion manganeso es bastante asimilable pero a medida que el pH es mayor, este ion se oxida y forma iones trivalentes o tetravalentes que son inasimilables. Las carencias aparecen más frecuentemente en suelos muy ácidos donde el manganeso ha podido ser lixiviado y en suelos alcalinos o muy calizos.

Cloro

El almendro tiene unas necesidades muy pequeñas de este elemento. No obstante es un elemento esencial.

El cloro lo suele aportar el agua de lluvia y los suelos están bien dotados de este elemento. El ion Cloro es muy móvil. No obstante suele ser más normales los excesos por presencia de cloruros que los déficits.

Boro

Interviene en el transporte de azucares y en la formación de membranas

Es un elemento poco móvil dentro del árbol, por lo que la sintomatología aparece frecuentemente localizada.

Su carencia aparece más frecuentemente en los suelos o muy acidad o muy básicos. Tanto la sequía prolongada como la humedad extrema favorecen las carencias.

Molibdeno

Su importancia se le da al hecho de que este elemento es indispensable para el metabolismo del nitrógeno. Al contrario que en casi todos los demás oligoelementos se asimila mejor en suelos con pH alto, de forma que en suelos básicos no habrá problemas carenciales para este elemento.

3. Balance de elementos nutritivos de la parcela

El suministro de elementos nutritivos al cultivo será una consecuencia de las necesidades fisiológicas del mismo, existiendo un cierto paralelismo entre necesidades de agua y las de nutrientes, haciéndose compatibles ambas aplicaciones en diversas fases biológicas.

Si disponemos de sistemas adecuados para aplicar el agua junto a los nutrientes, como es el caso de la fertirrigación, se permite garantizar un buen aprovechamiento de estos compuestos. Sobre todo, aquellos elementos más fijos como pueden ser el fósforo y potasio que son absorbidos con mayor facilidad por las raíces.

El problema es que no disponemos de datos de necesidades nutritivas locales en función de diferentes regímenes de plantación, por ello deberemos hacer uso de análisis de suelo y foliares.

La demanda de macronutrientes y micronutrientes del almendro varía en función del desarrollo vegetativo y producción alcanzable (Tabla 83).

Por lo que será preciso elaborar un balance nutricional donde se tengan en cuenta tanto las exportaciones del cultivo como las aportaciones realizadas con el fin de tener un equilibrio entre ambos.

Unidad fertilizante	1000 kg/ha	2000 kg/ha	4000 kg/ha
N	50	30 a 50	100
P2O5	18	30	37
K2O	55	60	108
CaO	45	-	56
MgO	8	12	14

Tabla 83. Estimación de las necesidades en unidades fertilizantes por hectárea (UF/ha) para almendros adultos y distintas producciones de almendra en cáscara (kg/ha) (Gispert, 2010).

Las necesidades nutricionales del almendro bajo producciones de 1000 kg/ha en cáscara corresponden a la etapa de entrada en producción (hasta el sexto año) y necesidades nutricionales del almendro bajo producciones de 4000 kg/ha corresponden a la etapa de plena producción.

3.1. Nitrógeno

Determinación de las exportaciones de nutrientes del suelo

Las exportaciones de elementos nutritivos del suelo incluyen las producidas por los árboles, las de la hierba de cobertura del suelo y las pérdidas.

- Las necesidades de los árboles

Las necesidades de los árboles se calculan en función de las exportaciones anuales para el crecimiento y la producción de frutos.

Las exportaciones de elementos minerales se calculan en función del sistema de producción presente en la parcela.

Las características diferenciales de los sistemas son la disponibilidad de agua en el suelo, el crecimiento vegetativo y las producciones obtenidas.

Unidad fertilizante	1000 kg/ha	2000 kg/ha	4000 kg/ha
N	50	30 a 50	100

Tabla 84. Estimación de las necesidades de nitrógeno en unidades fertilizantes por hectárea (UF/ha) para almendros adultos y distintas producciones de almendra en cáscara (kg/ha) (Gispert, 2010).

- Exportaciones de la hierba de cobertura del suelo

La restitución de las necesidades de la hierba de cobertura del suelo sólo es útil los dos primeros años de su instalación, con 50 UF/ha de nitrógeno son suficientes. A partir del 2º año, se considera que la pradera retroalimenta su consumo. Como estas necesidades son mínimas para el conjunto del balance y varían según el cultivo a implantar, se van a despreciar estas necesidades.

Aportaciones de elementos minerales por otras fuentes distintas a los fertilizantes

- Estimación de aportaciones de elementos minerales por el suelo

Sólo tenemos en cuenta el nitrógeno. En cultivos herbáceos se hace extensivo al fósforo, pero en arboricultura los conocimientos no están todavía tan avanzados. Cada suelo según su textura, estructura, topografía y su clima, nitrifica diferentemente a lo largo del año. La nitrificación aumenta cuando la temperatura se eleva y cuando la humedad es suficiente. En clima mediterráneo, el calor y la sequía estival dificultan la nitrificación. El riego en esta estación permite mantenerla a un ritmo elevado.

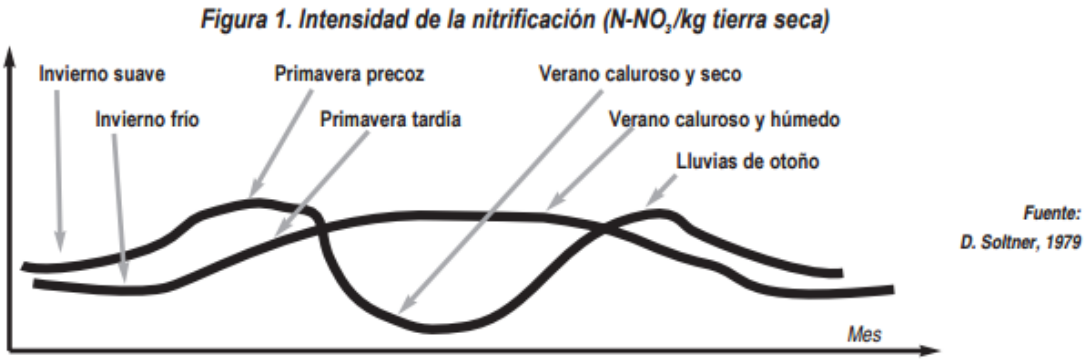


Ilustración 13. Intensidad de nitrificación a lo largo del tiempo (Espada, 2005).

Los aportes de nitrógeno por el suelo provienen de la mineralización de la materia orgánica. Esta se compone de humus, materias orgánicas libres no humificadas y de la masa microbiana viviente. Esta masa orgánica es a la vez productora y consumidora de nitrógeno mineral. Según su composición, volumen y condiciones de temperatura y humedad del suelo, puede ceder importantes cantidades de nitrógeno.

La mineralización se produce desde que la temperatura del suelo alcanza 6-7 ºC y la humedad esté próxima a la capacidad de campo.

Prácticamente, los periodos favorables son la primavera, el otoño y en verano los días que siguen a un riego o una lluvia.

Los suelos saturados de agua o mal aireados son por el contrario nefastos, ya que entonces se desarrolla el proceso de la desnitrificación. En el siguiente cuadro se reflejan las cantidades de nitrógeno mineralizado por hectárea y año en nuestras condiciones edafoclimáticas, según el nivel de materia orgánica del suelo y su textura.

M. orgánica suelo (%)	Nitrógeno mineralizado del suelo (kg/ha-año)		
	Arenoso	Franco	Arcilloso
0,5	10-15	7-12	5-10
1	20-30	15-25	10-20
1,5	30-40	22-37	15-30
2	40-0	30-50	20-40
2,5	-	37-62	25-30

Tabla 85. Nitrógeno mineralizado en distintos tipos de suelos según su nivel de materia orgánica (Espada, 2004).

Nuestro suelo dispone de 1,5% de materia orgánica en un suelo de textura franca, por lo que el nitrógeno mineralizado del suelo será de 30 (kg/ha y año). Como en cada kg de nitrato hay 22,5% de Nitrógeno: 30 x (22,5 / 100) = 6,75 UF de Nitrógeno (N)

- Aportes de nitrógeno por el agua de riego

Con frecuencia las aguas que utilizamos para regar contienen importantes cantidades de nitrógeno.

Para nuestra agua de riego se va a proceder al cálculo de aporte de nitrógeno al suelo por la aplicación de agua de riego:

Disponemos de riego localizado con dotación de agua de 5000 m3 /ha y agua de riego con 2,82 mg/l de Nitrato (NO_3).

(5.500 x 1.000 x 2,82) / 1.000.000 = 15,51 kg de nitrato (NO_3).

Como en cada kg de nitrato hay 22,5% de Nitrógeno:

15,51 x (22,5 / 100) = 3,5 UF de Nitrógeno (N)

Estimación de las necesidades de fertilizantes de la plantación

La cantidad total de nitrógeno (N) que cada año debemos aportar a una parcela de almendros mediante el abonado se determina restando del total de exportaciones efectuadas por los árboles y la hierba de cobertura de la parcela, la suma de aportaciones suministradas por el suelo y el agua de riego.

Necesidades de abonado = Exportaciones – Aportaciones

A continuación, calcularemos las necesidades de nitrógeno durante la etapa de entrada en producción (hasta el sexto año del cultivo), suponiendo que tenemos una producción media de 1000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones N (UF/ha año)	Árboles	50
	Cobertura del suelo	0
	Suma exportaciones	50
Aportaciones N (UF/ha año)	Suelo	6,75
	Agua de riego	3,5
	Suma aportaciones	10,25
Necesidades entrada en producción (UF/ha año)		39,75

Tabla 86. Balance nutricional en el periodo de entrada en producción para el caso del nitrógeno en nuestra parcela.

Las necesidades de nitrógeno durante la etapa de plena producción, suponiendo que tenemos una producción media de 4000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones N (UF/ha año)	Árboles	100
	Cobertura del suelo	0
	Suma exportaciones	100
Aportaciones N (UF/ha año)	Suelo	6,75
	Agua de riego	3,5
	Suma aportaciones	10,25
Necesidades plena producción (UF/ha año)		89,75

Tabla 87. Balance nutricional en el periodo de plena producción para el caso del nitrógeno en nuestra parcela.

3.2. Fosforo

Para el caso del fósforo, solo se han tenido en cuenta las extracciones de los árboles, de modo que las necesidades son igual a las exportaciones realizadas por estos.

A continuación, calcularemos las necesidades de fósforo durante la etapa de entrada en producción, suponiendo que tenemos una producción media de 1000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones P (UF/ha año)	Árboles	18
Necesidades P entrada en producción (UF/ha año)		18

Tabla 88. Balance nutricional en el periodo de entrada en producción para el caso del fósforo en nuestra parcela.

Las necesidades de fósforo durante la etapa de plena producción, suponiendo que tenemos una producción media de 4000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones P (UF/ha año)	Árboles	37
Necesidades P plena producción (UF/ha año)		37

Tabla 89. Balance nutricional en el periodo de plena producción para el caso del fósforo en nuestra parcela.

3.3. Potasio

Para el caso del potasio, realizaremos el balance del mismo modo que con el fósforo.

Por lo que calcularemos las necesidades de potasio durante la etapa de entrada en producción, suponiendo que tenemos una producción media de 1000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones P (UF/ha año)	Árboles	55
Necesidades P entrada en producción (UF/ha año)		55

Tabla 90. Balance nutricional en el periodo de entrada en producción para el caso del potasio en nuestra parcela.

Las necesidades de potasio durante la etapa de plena producción, suponiendo que tenemos una producción media de 4000 kg/ha en cáscara.

Exportaciones K (UF/ha año)	Árboles	108
Necesidades K plena producción (UF/ha año)		108

Tabla 91. Balance nutricional en el periodo de entrada en producción para el caso del potasio en nuestra parcela.

3.4. Microelementos

En el programa de nutrición de nuestra plantación solo aportaremos microelementos en el caso de que aparezcan déficits observados en análisis de suelo o foliares

4. Fertirrigación

Mediante el uso de la fertirrigación podemos aplicar agua y nutrientes de manera conjunta y fraccionada durante toda la campaña de producción del almendro.

Para tener una buena eficacia en el desarrollo de esta técnica, es preciso considerar algunos caracteres tales como:

- Sistema de inyección.
- Manejo.
- Control de salinidad.

4.1. Sistemas de inyección para la fertirrigación

En cuanto a la elección del sistema de inyección, se realizara acorde a las características de la explotación (superficie, energía disponible, etc.), los sistemas más habituales son: tanque de fertilización, sistema venturi y bomba de inyección.

Tanque de fertilización

La principal limitación de este sistema es que la concentración de nutrientes no es constante a lo largo de la aplicación, por lo que la uniformidad de la fertilización se ve afectada. En cambio la ventaja que ofrece es que no precisa energía eléctrica ya que el impulso del agua junto con una derivación en paralelo con la intercalación del tanque permiten que el sistema funcione.

Sistema venturi

Se trata de un sistema sencillo y económico ya que no necesita energía eléctrica para funcionar. Por el contrario, es el sistema que mayor pérdida de carga y presión genera (mayor al 30% de la de entrada). Se trata de una derivación del tubo de riego donde se instala el inyector venturi que al mismo tiempo absorbe de un depósito una solución de agua y fertilizante.

Bomba inyectora

Se trata de un sistema muy preciso pero con un elevado coste. Existe de funcionamiento eléctrico o cuyo funcionamiento está basado en el aprovechamiento de un flujo de agua. Su funcionamiento se basa en un émbolo o membrana que mediante un vaivén absorbe solución de un depósito y lo inyecta a la tubería principal de riego. El caudal inyectado de la solución madre se puede modificar alterando el recorrido del émbolo.

4.2. Elección del sistema de inyección para la fertirrigación

Para nuestro sistema de fertirrigación se ha elegido la bomba inyectora para aplicar el fertilizante ya que pese a su mayor coste respecto a otros sistemas, el hecho de ser el método más preciso y fiable nos hace tomar esta decisión.

Dado a que el proceso de abonado junto con el de riego, son los dos factores principales que condicionarán la producción final obtenida y hemos de ser precisos a la hora de aplicar estos recursos.

4.3. Manejo de la fertirrigación

Una recomendación muy importante durante la operación de fertirrigación es aplicar un riego únicamente con agua tanto al comenzar dicha operación (pre-riego), como al acabarla (post-riego). De este modo, durante el pre-riego conseguimos llenar la instalación de agua y durante el post-riego, se lava la instalación de los residuos depositados por el fertilizante.

Otro aspecto fundamental es fijar un caudal (l/h) de solución madre que se inyecta a la tubería de riego para un determinado consumo de agua del sector a regar. Para ello necesitaremos un conductímetro que nos dará una medida de conductividad eléctrica (dS/m), de este modo fijaremos cual es el nivel de inyección adecuado de solución madre, para un determinado fertilizante y consumo de agua. Hay que tener en cuenta que los sistemas de inyección incorporan sal de la solución madre al sistema de riego, modificando el potencial osmótico del agua, para constituir lo que se denomina solución hija, que requiere una especial atención.

De este modo, el almendro muestra cierta sensibilidad a los efectos de la sal, ya que con contenidos superiores a 1g/litro (1,5dS/m) de sólidos solubles totales ya pueden afectar al comportamiento fisiológico de este. De este modo, deberemos realizar continuos análisis del agua aportada mediante fertirrigación para evitar efectos de fitotoxicidad en el cultivo.

4.4. Productos de fertirrigación

Actualmente, en el mercado disponemos de una amplia gama de abonos que nos permiten su aplicación mediante el sistema de riego, para su correcta utilización resulta fundamental conocer sus propiedades.

4.4.1. Características que deben reunir los productos utilizados

Los productos empleados durante el proceso de fertirrigación, deben cumplir una serie características con el fin de ser aprovechados por la planta de una forma eficiente, estos parámetros son:

<u>Solubilidad</u>

Se trata de la principal característica que debe cumplir un abono aplicado mediante fertirrigación, ya que al ser aplicados con el agua de riego, debe formarse una mezcla homogénea y con buena solubilidad.

Hay que tener en cuenta que este parámetro se ve influenciado por ciertos factores como la temperatura, de modo que será fundamental conocer las necesidades de cada mezcla.

Pureza

El nivel de pureza de los productos aplicados nos condicionará el buen funcionamiento de los sistemas de riego (evitar obstrucciones por impurezas).

pH

Es muy importante aplicar una mezcla de fertilización con niveles óptimos de pH. Hay que tener cuidado al aplicar diferentes productos con distintos niveles de pH ya que vamos a obtener una mezcla final con un pH alterado que puede que no esté dentro de los parámetros aceptables para estos niveles.
Nos interesa mantener una reacción ácida (pH entre 2 y 4) para evitar precipitaciones calcáreas en las conducciones de riego.

Salinidad

Como ya se ha mencionado anteriormente, el sistema de inyección incorpora sal de la solución madre al sistema de riego, modificando el potencial osmótico del agua. Para ello, es fundamental de disponer de una agua de riego de calidad que nos permitirá aplicar las concentraciones de nutrientes necesarias. De este modo, necesitaremos conocer la calidad del agua mediante un análisis previo.

Compatibles

A la hora de elaborar mezclas, deberemos saber si dichos productos empleados en la disolución son compatibles ya que si no pueden generar precipitaciones o reacciones químicas nocivas.

4.4.2. Fertilizantes empleados en la fertirrigación.

a) Fertilizantes sólidos solubles.

Nitrato amónico

Solamente consideraremos el nitrato amónico de mayor graduación y libre de productos insolubles (33,5 – 35 %). Es uno de los productos con mayor solubilidad (1920 gramos por litro a 20º C). Las disoluciones madre se preparan con una parte de abono y dos de agua. Al preparar dichas disoluciones, este producto reduce la temperatura y el pH del agua.

Su contenido en nitrógeno se encuentra en forma nítrica y en forma amoniacal (al 50 %). Es uno de los más recomendados para la fertirrigación.

Urea

Es un producto orgánico que tiene un contenido en nitrógeno del 46 %, todo en forma uréica. Su solubilidad es muy alta (1033 gramos por litro a 20º C).
De la misma forma que el nitrato amónico, reduce bastante la temperatura de la solución, pero no saliniza el agua, por lo que resulta muy apropiado en el caso de aguas o suelos salinos. Tampoco acidifica el agua o suelo. Para la preparación de la solución madre, se utiliza la misma relación que en el producto anterior, una parte de abono, dos de agua. La falta de retención de este producto por parte del suelo, puede provocar pérdidas por lixiviación o lavado si no se controla bien su aplicación.

Nitrato Potásico

Es un producto totalmente soluble, pero el grado de solubilidad de este nitrato es mucho más bajo que los observados hasta ahora en otros productos (316 gramos por litro a 20º C). Es un producto excelente para la fertirrigación por aportar nitrógeno (13 %) y potasio (46 % de K_2O) con el efecto de ambos productos.

Fosfato Monoamónico

Su solubilidad es media – baja (661 gramos por litro a 20º C). Su riqueza en nutrientes es variada, un 12% de nitrógeno y un 60% de P_2O_5. Es un producto con bajo efecto salinizante y con reacción ácida. Es una de los productos más utilizados. La solución madre se prepara en proporción 1-4 o 1-5. La solución requiere una gran agitación.

Sulfato Potásico

Su grado de solubilidad es bastante bajo (110 gramos por litro a 20º C). Contiene un 50 % de K_2O y un 17 % de azufre, sin embargo se requiere utilizar el producto cristalino con la pureza necesaria. Es más salino que el nitrato potásico. La solución madre se realiza con una relación 1 – 10.

b) Fertilizantes líquidos o soluciones.

Amónico anhidro

Se trata de nitrógeno amoniacal, con un 82 % de nitrógeno, que es en realidad la materia prima básica de todos los productos nitrogenados.

Solución nitrogenada del 20 % de nitrógeno

Disolución de nitrato amónico con características análogas a él. Se usa en fertirrigación por sus características, siendo éstas bastante apropiadas. Tiene pH ligeramente ácido, que puede acidificarse con la adición de ácido nítrico en riegos localizados, si el agua usada para ello lo requiere.

Solución nitrogenada del 32 % de nitrógeno

Se prepara con nitrato amónico y urea al 50 % aproximadamente. Su densidad es de 1.32 Kg. / litro. Su reacción es neutra o quizá ligeramente alcalina.
Se inyecta en la red de riego directamente o diluido. Provoca baja salinidad. El nitrógeno se compone de tres formas diferentes: 25 % de nitrógeno amoniacal, 25 % de nitrógeno nítrico y 50 % de nitrógeno ureico. Esta mezcla presenta grandes ventajas en fertirrigación, pero es problemática por el elevado contenido de nitrógeno en forma ureica, cuya transformación a forma nítrica es algo lenta. En suelos arenosos puede aumentar pérdidas por lavado. Tiene pH prácticamente neutro.

Nitrato de Magnesio líquido

Es similar al anteriormente descrito, con la misma riqueza aproximada en nitrógeno, pero con un contenido en magnesio del 6 %. De la misma forma que el producto anterior se utilizaba para aportar calcio al aplicarlo, este producto descrito se usa para la aportación de magnesio al suelo.

Ácido nítrico

Contiene un contenido en nitrógeno del 12 % y se suele usar más como corrector del pH de las soluciones madre durante su preparación, que como fertilizante propiamente dicho.
Se usa por tanto para evitar posibles problemas de insolubilización en la aplicación del fertilizante. Es usado también para la limpieza de tuberías de cal. La utilización de este producto conlleva un alto riesgo por ser muy corrosivo, por lo que se pondrá especial cuidado en su uso.

Ácido fosfórico

Su uso se está dirigiendo a la aportación del fósforo necesario especialmente en los riegos localizados. Para este fin, se debe depurar el producto mediante decantación y filtrado para la eliminación de impurezas existentes. La riqueza en P_2O_5 se encuentra entre el 45 – 55 %, dependiendo del grado de su disolución. El producto más concentrado con un 54 %, contiene una riqueza de ácido fosfórico del 75 %. Su acción por tanto es muy acidificante, por lo que sirve muy bien para reducir el pH del suelo o de las soluciones. Para evitar el riesgo de corrosión, solamente es necesario diluirlo lo suficiente.

Solución de potasa

Es una solución diluida de cloruro potásico, con un contenido en K_2O del 10 % y con un pH muy ácido.

Complejos líquidos

Son abonos que contienen dos o tres de los elementos nutritivos principales: nitrógeno, fósforo y potasio. Son por tanto soluciones completas listas para su uso, sin necesidad de preparar soluciones madre. Se debe adoptar en cada caso, la fórmula adecuada de equilibrio, aunque tienen una limitación en el contenido total de nutrientes del 30 %, no pudiendo superarse este porcentaje.
Pueden utilizarse directamente añadiéndolas al agua de riego como se hace con las soluciones madre.
Se preparan con los componentes simples descritos anteriormente como la urea, sales potásicas, fosfatos, etc. Se escogerá un producto u otro dependiendo de las características del agua al que se va a aplicar, principalmente se debe tener muy en cuenta su pH.

Productos	Riqueza de nutrientes (%)			
	N	P_2O_5	K_2O	Otros
Nitrogenados				
Nitrato	33	-	-	-
Urea	46	-	-	-
Amónico	5	-	-	-
Solucion nitrogenada 20%	20	-	-	-
Solucion nitrogenada 30%	32	-	-	-
Ácido nítrico	13	-	-	-
Nitrato de magnesio	7	-	-	6 mg
Fosfatados				
Ácido fosfórico 55%	-	40	-	-
Ácido fosfórico 75%	-	54	-	-
Potásicos				
Sulfato potásico	-	-	50	18 s
Solucion de potasa	-	-	10	3 s
Binarios y terciarios				
Nitrato potásico	13	-	46	-
Fosfato monoamonico	12	61	-	-

Tabla 92. Características de los principales productos usados en fertirrigación.

4.5. Calendario de fertirrigación

Para realizar una correcta aplicación de nutrientes mediante fertirrigación es preciso realizar un calendario de aplicación donde nos indique la fecha de aplicación y la cantidad a aplicar (Tabla 93).

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Total
N	20%	20%	15%	15%	10%	-	10%	10%	100%
P_2O_5	35%	-	-	35%	-	-	30%	-	100%
K_2O	25%	25%	20%	-	-	-	15%	15%	100%
OMg	10%	20%	35%	25%	-	-	5%	5%	100%

Tabla 93. Distribución de un porcentaje mensual de unidades fertilizantes aplicadas en fertirrigación para almendro (Gispert, 2010).

Esta distribución en la aplicación de los nutrientes junto al riego, permite la absorción progresiva de los nutrientes por las raíces, teniendo en cuenta la etapa más adecuada de absorción. De este modo conseguimos una absorción eficaz y maximizando la respuesta productiva y cualitativa del almendro.

Como se puede observar, las máximas necesidades se sitúan en los meses de Marzo, Abril, Mayo y Junio, y siendo los meses de verano donde se ve restringido el aporte de nutrientes debido a que las etapas fisiológicas del almendro en esta época son menos influyentes sobre la producción final a obtener.

El programa de fertirrigación mostrado en la tabla 93 comienza en el mes de marzo, con el fin de evitar retrasos y desfases del programa nutricional.

Para realizar este programa de fertirrigación deberemos tener en cuenta las necesidades nutricionales calculadas anteriormente, escoger los abonos de fertirrigación que nos interesan a lo largo de las distintas etapas fisiológicas del cultivo y aplicar esta distribución porcentual de las unidades fertilizantes a lo largo de los distintos meses. En la tabla 94 se muestra el programa escogido.

		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag	Sept	Octubre	Total
N (UF/ha)	Entrada producción	7,94	7,94	5,96	5,96	3,97	-	3,97	3,97	39,75
P (UF/ha)		6,3	-	-	6,3	-	-	5,4	-	18
K (UF/ha)		13,75	13,75	11	-	-	-	8,25	8,25	55
N (UF/ha)	Plena producción	17,95	17,95	13,46	13,46	8,97	-	8,97	8,97	89,75
P (UF/ha)		12,95	-	-	12,95	-	-	11,1	-	37
K (UF/ha)		27	27	21,6	-	-	-	16,2	16,2	108

Tabla 94. Distribución de las necesidades de la plantación (UF/ha y año) a lo largo de cada mes en las etapa de entrada en producción y plena producción.

		Dosis en Kg/ha								
Etapa	Productos	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Total
Entrada en producción	Nitrato amónico (33,5% N)	12,4	12,1	23,5	17,8	11,8	-	-	-	78
	Acido fosfórico (54% P_2O_5)	11,6	-	-	11,7	-	-	10	-	33
	Nitrato potásico (13-0-46)	29	29,8	23,9	-	-	-	17,9	17,9	119
	Solución nitrogenada (32%)	-	-	-	-	-	-	5,1	5	10
Plena producción	Nitrato amónico (33,5% N)	30,8	30,8	22	-	26,8	-	16,14	13,1	140
	Acido fosfórico (54% P_2O_5)	24	-	-	24	-	-	20,55	-	69
	Nitrato potásico (13-0-46)	58,7	58,7	46,9	-	-	-	27,4	35,2	227
	Solución nitrogenada (32%)	-	-	-	42	-	-	-	-	42

Tabla 95. Programa de fertirrigación de la parcela.

Anejo 10: Diseño hidráulico

1. Componentes de la instalación

1.1. Cabezal de riego

El cabezal de riego está constituido por el sistema de filtrado, equipo de fertirrigación y elementos de protección, medida y control.
En nuestro caso ya se dispone instalado en la parcela un hidrante de riego que está dotado de sistemas de filtrado (el equipo d filtrado actúa frente al paso de elementos gruesos como piedras pero no frente a suciedad), protección y medida.
En cuanto a la programación de riegos de nuestras dotaciones de agua, es llevada a cabo desde las propias oficinas de la Comunidad de Regantes de Almudevar ya que se programan desde dichas instalaciones y son ejecutadas mediante un sistema teledetección.
De modo que en nuestro cabezal de riego solo será preciso instalar un sistema de inyección para la fertirrigación junto a un depósito de almacenamiento de fertilizante, como ya se ha indicado en el Anejo de Necesidades nutricionales y Fertirrigación vamos a emplear una bomba inyectora como método de incorporación de fertilizante al riego.

1.1.2 Equipo de fertirrigación

En nuestra hidrante, el equipo de fertirrigación lo forma la bomba inyectora de fertilizante junto a un depósito anexo a esta.

1.1.2.1 Depósito

El depósito es el encargado de almacenar las soluciones de fertilizante que se van a aplicar en la red durante cada riego.
Es muy importante encoger un depósito cuyo material sea resistente a la corrosión, en nuestro caso se ha escogido un depósito de polietileno.
Situado entre el depósito de fertilizante y la bomba de inyección se colocará un filtro de malla con el fin de retener la entrada de impurezas a la red de riego.

1.1.2.2. Bomba inyectora

Como ya se ha descrito ampliamente en el Anejo nº 10 de Necesidades nutricionales y fertirrigación, se ha escogido una bomba inyectora como sistema de inyección de fertilizante.

1.1.3. Red de distribución

La red de distribución está compuesta por las tuberías, válvulas, elementos singulares, desagües y dispositivos de aplicación de agua.

1.1.3.1. Tuberías

En nuestro sistema de riego, la red de tuberías engloba las situadas a partir del cabezal de riego hasta los goteros. A lo largo de este sistema encontramos diferentes tipos:

- Tuberías primarias: Disponemos de una única tubería primaria situada a partir del cabezal de riego hasta las tuberías secundarias.
- Tuberías secundarias: Las dos tuberías secundarias de la red de riego parten de la tubería primaria y reparten agua a ambos lados de la parcela hacia las tuberías terciarias.
- Tuberías terciarias: Encontramos tantas tuberías terciarias como número de sectores hay en la parcela, siendo cuatro en nuestro caso. Esta tuberías aportan agua hacia los laterales de riego.
- Laterales de riego: Cada lateral de riego recibe el agua aportada por las tuberías terciarias y aporta agua a cada fila de árboles de cada sector y aportando finalmente agua a cada árbol mediante los goteros.

Los materiales escogidos para nuestras tuberías han sido PVC (cloruro de polivinilo) y el polietileno.
El PVC se empleará en tuberías con diámetros mayores de 50 mm y el PE en tuberías de hasta 50 mm de diámetro. Las características que hacen tan apropiados estos materiales para realizar redes de riego son el bajo coste de estos materiales y el buen comportamiento de estos al paso del agua (baja rugosidad interior, ligeros, baja alteración ante el paso de fertilizantes y del tiempo).
De modo que la tubería primaria y secundaria será de PVC debido al mayor diámetro de estas tuberías y el elevado costo que implicaría si implantásemos estas tuberías de PE.

Los laterales de riego y la tubería terciaria se implantarán en material de PE debido al gran comportamiento de este material para su uso como laterales de riego dado a su manejabilidad y a las excelentes soldaduras que podremos realizar en las tuberías terciarias para llevar a cabo las reducciones de diámetro.
Permanecerán enterradas, ya que su vida útil será mayor.

El material más apropiado para los laterales de riego es el polietileno, ya que es químicamente inerte a las temperaturas normales de utilización, de modo que es altamente resistente a la corrosión y posibles fisuras ya que es flexible y fácilmente manejable, lo que facilita su instalación incluso de forma mecanizada.

1.1.3.2. Válvulas.

En la parcela es preciso colocar válvulas en cada sector con el fin de poder regular la apertura y cierre de agua en cada uno de ellos independientemente.

Estas van situadas entre la tubería secundaria y la terciaria del sector que queremos regular.

Dichas válvulas son especialmente diseñadas y construidas para funciones de regulación hasta altas presiones.

En nuestro caso se han elegido las válvulas hidráulicas ya que han sido concebidas para funciones más sencillas en baja presión. Se trata de una válvula con diafragma integral compuesto por varias capas de caucho natural y fibra de nylon, que abre y cierra mediante la presión del agua existente en la red. Cabe destacar su simplicidad constructiva, que elimina prácticamente el mantenimiento. La apertura y cierre de este dispositivo es accionada por unos microtubos polietileno de ocho milímetros de diámetro que se entierran junto a la red principal de riego y son accionados por unos solenoides situados en el hidrante de riego.

1.1.3.3. Elementos singulares

Los elementos singulares son aquellos dispositivos (uniones, codos, etc.) que permiten realizar uniones entre tuberías y conectar estas con todos los puntos de la parcela.

- La unión entre tuberías de PVC se realizara mediante junta elástica para diámetros de tubo mayores o igual a 63 mm de diámetro y por encolado en diámetros inferiores. Para el caso de PE, las uniones son llevadas a cabo mediante juntas mecánicas.
- Los cambios de sentido en la red de tuberías se consiguen uniendo dos tuberías con un codo del ángulo deseado.
- El cambio de sección de la tubería se consigue instalando tronco-cónicas entre las tuberías de diferente diámetro.

1.1.3.4. Desagües

Los desagües son prolongaciones de las tuberías terciarias con una llave de paso que permiten expulsar impurezas y posibles elementos gruesos de la red de riego y evitar el desgaste prematuro de la instalación o posibles obturaciones y averías.
Dichos desagües situados al final de la terciaria ascienden cierta altura mediante un doble codo y son protegidos por una pequeña arqueta de hormigón.
Es fundamental el uso de estos dispositivos durante los primeros riegos de la instalación y en los futuros inicios de riego de cada campaña.

1.1.3.5. Mecanismos emisores de agua

El riego por goteo es hoy por hoy la mejor herramienta para conseguir un riego sostenible y eficiente. La especialización en goteros y tuberías integradas con goteros autocompensantes, nos permiten regar los cultivos optimizando los recursos, el agua, los fertilizantes, el suelo y la energía, reduciendo los costes de producción, para que estos cultivos sean más rentables.
El gotero de botón se basa en el flujo turbulento que se produce a lo largo de un laberinto con amplios pasos de agua, asegurando fiabilidad, precisión y eficacia a la vez que gran uniformidad de caudal y difícil obturación.

Por otro lado, el Gotero autocompensante está especialmente diseñado para el riego con aguas de baja calidad o en zonas con una topografía complicada. Pero estos tipos de goteros tienen un mayor coste y un prematuro envejecimiento.

Estos goteros pueden utilizarse de diferentes formas, ya sea incorporado en la propia manguera de riego o pinchado sobre esta.

La mayoría de los goteros trabajan a presiones en torno a los 10 m.c.a. con caudales unitarios que oscilan entre 2 y 16 l/h (goteros de bajo caudal), siendo el de 4 litros/hora el empleado en nuestra explotación tal como se ha calculado en el Anejo de Diseño Agronómico.

A la hora de elegir el tipo emisor, se deben tener en cuenta las siguientes características:

- Caudal uniforme y constante, poco sensible a las variaciones de presión.
- Respuesta ante posibles obstrucciones y cambios de temperatura.
- Baja pérdida de carga en el sistema de conexión.
- Coste.
- Resistencia a la agresividad química generada por el fertilizante.

Más adelante en este Anejo elegiremos el tipo de gotero más apropiado para nuestras necesidades.

1.1.3.6. Filtros

En el inicio de la tubería primaria (salida del hidrante) se colocará un filtro de anillas con el fin de impedir el paso de partículas finas y suciedad que hayan podido pasar a través del sistema de filtrado del hidrante y de este modo conseguiremos evitar posibles obstrucciones de los emisores de riego. También otro filtro de anillas se instalará a la salida del depósito de PE para impedir el paso de precipitados de fertilizante que puedan obstruir los goteros.

2. Implantación del sistema de riego

2.1. Montaje del sistema de riego

Este proceso es muy importante que sea llevado a cabo por personal conocedor de la materia. En primer lugar, se procederá a hacer las zanjas de las tuberías primaria, secundaria y terciaria con una retroexcavadora tal como se indica en los planos del diseño hidráulico.
Las zanjas abiertas tendrán dimensiones que variaran en función del diámetro de tubería escogido, en la base de la zanja se depositará una capa fina de

tierra y una vez se haya acometido la instalación de tuberías se taparán con otra capa fina de tierra con el fin de evitar vibraciones de las tuberías.
En las válvulas colocadas en el inicio de la terciaria de cada sector colocaremos una arqueta con el fin de poder manipular la válvula con mayor facilidad. Como se ha indicado anteriormente, los microtubos que regulan la apertura y cierre de las válvulas irán enterrados a lo largo de la red principal hasta el hidrante.
Finalmente, se procederá a colocar los laterales de riego, dos por cada fila de árboles en nuestro caso y a unos 20 cm del árbol.
Deben instalarse los laterales de manera que no sufran deformaciones por las fuerzas mecánicas que se aplican en su manipulación. Se logra prestando especial atención a la manera en que se bobina la tubería al recogerla e impidiendo la formación de nudos. Como los laterales de riego serán colocados con maquinaria, deberemos hacerlo durante las horas menos calurosas del día para impedir la tensión de los laterales cuando se someten a temperaturas relativamente altas.

2.2. Chequeo

Tras haber instalado todas las tuberías es fundamental comprobar el buen funcionamiento de la misma. Para ello se seguirán las siguientes pautas:

- Lavado del sistema: Con esta acción reduciremos los contaminantes acumulados en el sistema. Para ello abriremos la toma de agua, esperaremos a que se presurice la instalación (lo que podemos comprobar en el manómetro inicial) y, seguidamente, abriremos los finales de las tuberías (desagües). Así se consigue un aumento de velocidad del flujo de agua en las tuberías y el arrastre de los contaminantes hacia fuera del sistema.
- Comprobaremos que la presión en los goteros es la adecuada y uniforme, así aplicarán la misma cantidad de agua. En el caso de existir goteros obstruidos serán sustituidos.
- El sistema de filtrado es fundamental tenerlo siempre limpio y especialmente en los inicios del proceso de riego.
- Se comprobará el correcto funcionamiento del sistema de fertirrigación.

2.3. Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento es fundamental llevarlas al día para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación.
De modo que anualmente, como mínimo se repetirán una vez las siguientes labores:

- Lavado del sistema mediante la apertura de los desagües.
- Tratamientos que eliminan las impurezas del sistema que no pueden ser arrastradas mediante el lavado. Se realizarán con ácidos o con oxidantes.
- Comprobar el funcionamiento del cabezal y verificar la presión de la red en los diferentes ramales. Durante la campaña se revisarán periódicamente los manómetros y el estado de limpieza de los filtros.

3. Diseño hidráulico de la red de tuberías

3.1. Introducción

El proceso de diseño hidráulico tiene las siguientes fases:
1.- Se fija el número de sectores de riego, considerando el tiempo de riego y la frecuencia de aplicación del mismo.
2.- Se realiza el diseño de la distribución de las tuberías (primaria, secundarias, terciarias y ramales), teniendo en cuenta los caudales y presiones de funcionamiento.
3.- En base a los datos anteriores, se dimensiona la red de tuberías. Se parte de los ramales de riego y se avanza hacia el cabezal de riego.
4.- Se diseña el cabezal atendiendo a la calidad del agua y a los condicionantes de manejo previstos, teniendo en cuenta la automatización.

3.2. Datos previos

<u>Selección del gotero</u>

Debido a que en nuestra explotación no tenemos agua de baja calidad pero si una topografía complicada debido a la geometría de la parcela que nos hace dimensionar ramales de riego de longitudes muy diferentes en un mismo sector que nos generarán distintas pérdidas de carga en cada ramal, por ello se ha tomado la decisión de instalar goteros autocompensantes los cuales serán conectados a los laterales de riego mediante conexiones interlinea.

Ilustración 14. Representación de los diferentes métodos de acoplar goteros a los laterales de riego.

Estos goteros los podemos encontrar en 3 caudales de 2, 4 y 8 l/h (diferenciación por código de colores). Como ya se ha indicado en el Anejo de Diseño Agronómico se van a precisar goteros de 4 litros/ hora y que trabajen a presiones en torno a 10 m.c.a. El coeficiente de variación en fabricación (CV) de estos goteros es de bajo del mercado (0,03) y además estos goteros cumplen con la normativa ISO 9261.

Datos de la finca

- Superficie de la parcela: 23,47 ha.
- Marco de plantación: 5,5 x 3,5 metros (519 árboles/ha).
- Número de laterales de riego por fila: 2.
- Numero de emisores por planta: 6.
- Número de emisores por lateral de riego y planta: 3.
- Separación entre emisores: 1 metro.
- Coeficiente de Uniformidad de los laterales de riego: 0,8.
- Tiempo disponible para el riego. Es el tiempo que vamos a estar regando cuando las necesidades son máximas. En nuestro caso es un periodo de tiempo de 10 horas.
- Dosis máxima de riego: Es el volumen de agua máximo que deberá ser aplicada en un momento concreto, en nuestro caso es de 66,7 litros/ planta y día.
- La duración de riego en cada sector en el periodo de máximas necesidades es de 2,78 horas.
- El intervalo mínimo entre riegos es de 2 días.
- Suministro de caudal en la red: 15 litros/segundo.

Número de sectores

En nuestro caso, el número de sectores de riego dependerá del tiempo de riego disponible y caudal suministrado por la red.
En primer lugar, atendiendo a la disponibilidad de agua en la red de suministro vamos a calcular el número máximo de sectores en los que se puede dimensionar la parcela. Para ello se llevan a cabo los datos indicados a continuación:

- Hidrante: 15 litros/segundo×$\frac{3600\ segundos}{1\ hora}$ =54000 l/hora
- Necesidades: 6 emisores×4litros/hora×519 árboles= 12456 litros/ha y hora.
- Superficie de sectores: $\frac{54000}{12456}$ = 4,33 ha/sector.
- Número de sectores: $\frac{23{,}47\ ha}{\frac{4{,}33\ ha}{sector}}$ = 5,4 sectores de riego.

En cuanto a las limitaciones de tiempo se ha procedido a calcular el número máximo de sectores a dimensionar, por lo que si podemos regar 10 horas diarias y regamos cada 2 días en el periodo de máxima necesidad, dispondremos de 20 horas en total para regar todo el lote, de modo que se calcula el número de sectores de riego mediante la siguiente expresión:
Número de sectores= (tiempo de riego disponible × intervalo entre riegos) ÷ duración de cada riego = (10 × 2) ÷ 2,78 = 7,19 sectores de riego.
De modo que atendiendo a las necesidades de tiempo para el cálculo del número de sectores de riego, obtenemos que para nuestra parcela podemos dimensionar la parcela en 7 sectores.
Finalmente llegamos a la conclusión que para dimensionar los sectores de la parcela hay que llevarlo a cabo teniendo en cuenta las limitaciones de caudal aportado por la red de suministro y de este modo calculamos que podemos abastecer sectores de riego de 4,33 ha, por lo que dimensionaremos la parcela en 5 sectores tal como se puede apreciar en el Anejo de planos.

3.3. Calculo de la unidad de riego 1

3.3.1 Tolerancia de caudales riego localizado

A la hora de dimensionar la red de riego es muy importante tener claro que pese a disponer de 6 emisores por planta, estos permanecen colocados a lo largo de 2 laterales de riego por fila, por lo que al realizar los cálculos pertinentes en los laterales de riego únicamente se tendrán en cuenta 3 emisores por árbol para cada lateral de riego.

1) El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales aplicados por cada emisor mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left(1 - \frac{1{,}27 \cdot CV}{\sqrt{e}}\right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

Donde:

- CV: es el coeficiente de variación de fabricación del emisor.
- CU: es el coeficiente de uniformidad de la tubería de riego.
- e: es el número de emisores situados por planta y lateral de riego.
- q_{ns}: es el caudal del emisor que aporta menos agua.
- q_a: caudal nominal de los emisores.

En nuestro caso:

Dato	CV	0,03
	CU	0,8
	e	3
	q_a	4
Resultado	**q_{ns}**	**3,272**

Según los cálculos llevados a cabo, el caudal del emisor que aporta menos agua es de 3,272 litros/hora, de modo que existe una variación de 18,25% respecto el caudal nominal.

Para garantizar el buen funcionamiento de la red de riego se dimensionará permitiendo un 10% de variación máxima respecto el caudal nominal ya que el porcentaje de variación calculado podría disminuir con el uso de los emisores y es recomendable tener un margen de aseguración.

3.3.2 Variación de presión en el riego localizado

En este apartado se va a calcular la máxima variación de presión que es generada cuando la diferencia de caudales entre los emisores que arrojan el caudal máximo y mínimo es del 10 % del caudal nominal, siendo este el criterio tomado en el apartado anterior.

Teniendo en cuenta algunos parámetros del emisor mediante la siguiente fórmula:

1) $$q = K \cdot h^x$$

Derivando se tiene:

$$2)\quad dq = K \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

Si se despeja K en [1] y se introduce este valor en [2], se obtiene:

$$dq = \frac{q}{h^x} \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

$$dq = q \cdot x \cdot \frac{dh}{h}$$

Se obtiene:

$$dh = \frac{1}{x} \cdot \frac{dq}{q} \cdot h \rightarrow \left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \frac{1}{x} \cdot 0{,}1 \cdot H_{nominal}$$

Donde:

- $\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD}$: variación máxima de presión admisible en la unidad de riego
- X: exponente de descarga del emisor. En este caso, x = 0,03
- $H_{nominal}$: presión nominal del emisor. Siendo 10 m.c.a. en nuestro caso.

Sustituyendo se obtiene, el siguiente valor:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{1}{0{,}03} \times 0{,}1 \times 10 = 33{,}3 m.c.a.$$

Se reparte esta tolerancia de presiones máxima admisible entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Atendiendo al resultado obtenido, se admite el siguiente criterio:

- Variación de presión admisible del 40 % del total en la terciaria.
- Variación de presión admisible del 50 % del total en el lateral.

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0{,}4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}4 \cdot 33{,}3 = 13{,}32 m$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0{,}5 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}5 \cdot 33{,}3 = 16{,}65 m$$

Finalmente se obtienen los siguientes resultados:

Variación máxima de presión en la tubería terciaria	13,32 m
Variación máxima de presión en los laterales de riego	16,65 m

3.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES RIEGO LOCALIZADO

Para el dimensionado de los laterales de riego es fundamental escoger una tubería acorde a las necesidades demandadas por nuestro riego, para ello se han observado varios catálogos comerciales y se ha tomado la siguiente decisión:

- Los laterales: tuberías de PE 50A Ø20 con D_{int} 17,4 mm
- Emisores separados a una distancia de 1 m
- Conexión interlinea de los emisores
- Emisores autocompensantes (CV:0,003)

Como ya se ha indicado, en cada fila de árboles se instalarán dos laterales de riego, donde irán colocados 3 emisores por lateral, tomando como referencia que los goteros centrales serán situados junto al pié del árbol.

Para dimensionar los laterales de riego hay que tener en cuenta las siguientes pérdidas de carga ocasionadas:

1) Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0{,}592 \cdot \left(\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

Donde:

- h_r: pérdida de carga por rozamiento continuo (metros)
- Q: caudal circulante por cada lateral (l/h)
- D: diámetro interior de la tubería (mm)
- L: longitud de la tubería (metros)

2) La pérdida de carga unitaria (m/m), se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0{,}592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

3) La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

Donde:

- J`: es la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de la conexión emisor-lateral
- f_e: es la longitud equivalente de la conexión. En el caso, de conexión interlínea, f_e = 0,23
- S_e: es la separación entre emisores

Esto es debido a que la conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por f_e.

4) La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Donde:

- h_f: es la pérdida de carga en el lateral, considerada como una tubería con servicio en ruta, distribución uniforme y discreta.
- F: es el coeficiente de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores (N), la relación entre la separación entre los laterales y emisores y en función del exponente del caudal en la fórmula de cálculo de las pérdidas de carga. En este caso, $S_o = S_e$.

3.3.4 Cálculo de los laterales del riego localizado

Mediante unas hojas Excel citadas a lo largo de este apartado se han calculado las características de diseño de cada lateral de riego (perdidas de carga, dimensiones de cada lateral de riego, etc.) ya que a pesar de tener una buena nivelación la parcela, algunos sectores de riego presentan variación de longitud de tubería debido a la geometría de la finca.

1) La variación de presión admisible para los laterales de riego es la originada por pérdidas de carga y desnivel:

$$\Delta H_{LR} = \left(a \cdot hr_{LR} \right) \pm \Delta Z_{LR}$$

Donde,

- $(a \cdot hr)_{LR}$: son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego
- ΔZ_{LR}: es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria.

En dicho sector, el lateral más desfavorable será el lateral número 31 del lado izquierdo ya que se sitúa a 157 metros del inicio de la tubería terciaria.

Sustituyendo en la siguiente ecuación, obtenernos el mayor valor de pérdida de carga para nuestro sector.

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 16{,}65 - 0{,}11 = 16{,}54m$$

A continuación, a partir de las pérdidas de carga calculadas en cada lateral de riego, comprobamos que sean menores que la máxima perdida de carga admisible que será de 16,54 metros. Hay que tener en cuenta que en cada fila de árboles disponemos de doble línea de goteros pero al presentar las mismas características en cada línea, las pérdidas de carga serán iguales. Pero a la hora de calcular los caudales, habrá que tener en cuenta la duplicidad de estos. Las pérdidas de carga del sector 1 son:

SITUACIÓN	LATERAL	longitud mapa (E1:2000)	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	UMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
	1	2,3	46	13	0,11	0,0024	39	157,71	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,007	0,377	0,11	0,22	10	10,14	9,91
	2	2,5	50	14	0,11	0,0022	43	171,43	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,376	0,14	0,25	10	10,16	9,91
	3	2,65	53	15	0,11	0,0021	45	181,71	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,17	0,28	10	10,18	9,90
	4	2,8	56	16	0,11	0,0020	48	192,00	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,009	0,374	0,19	0,30	10	10,20	9,89
	5	3	60	17	0,15	0,0025	51	205,71	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,373	0,23	0,38	10	10,25	9,86
	6	3,2	64	18	0,16	0,0025	55	219,43	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,012	0,373	0,28	0,44	10	10,28	9,85
	7	3,35	67	19	0,16	0,0024	57	229,71	17,4	0,010	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,32	0,48	10	10,31	9,84
	8	5,2	104	30	0,16	0,0015	89	356,57	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,05	1,21	10	10,85	9,64
	9	5,4	108	31	0,16	0,0015	93	370,29	17,4	0,024	1	0,23	1,23	0,029	0,369	1,16	1,32	10	10,93	9,61
	10	5,4	108	31	0,16	0,0015	93	370,29	17,4	0,024	1	0,23	1,23	0,029	0,369	1,16	1,32	10	10,93	9,61
	11	5,6	112	32	0,16	0,0014	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,44	10	11,02	9,58
	12	5,8	116	33	0,16	0,0014	99	397,71	17,4	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,369	1,41	1,57	10	11,12	9,54
	13	5,8	116	33	0,16	0,0014	99	397,71	17,4	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,369	1,41	1,57	10	11,12	9,54
	14	5,9	118	34	0,13	0,0011	101	404,57	17,4	0,028	1	0,23	1,23	0,034	0,369	1,48	1,61	10	11,15	9,54
	15	6,1	122	35	0,12	0,0010	105	418,29	17,4	0,029	1	0,23	1,23	0,036	0,368	1,62	1,74	10	11,25	9,51
	16	6,1	122	35	0,08	0,0007	105	418,29	17,4	0,029	1	0,23	1,23	0,036	0,368	1,62	1,70	10	11,23	9,53
	17	6,35	127	36	0,08	0,0006	109	435,43	17,4	0,031	1	0,23	1,23	0,039	0,368	1,81	1,89	10	11,37	9,48
izquierda	18	6,4	128	37	0,08	0,0006	110	438,86	17,4	0,032	1	0,23	1,23	0,039	0,368	1,85	1,93	10	11,40	9,47
	19	6,5	130	37	0,08	0,0006	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,01	10	11,45	9,44
	20	6,65	133	38	0,08	0,0006	114	456,00	17,4	0,034	1	0,23	1,23	0,042	0,368	2,05	2,13	10	11,55	9,41
	21	6,7	134	38	0,08	0,0006	115	459,43	17,4	0,035	1	0,23	1,23	0,043	0,368	2,10	2,18	10	11,58	9,40
	22	6,9	138	39	0,08	0,0006	118	473,14	17,4	0,036	1	0,23	1,23	0,045	0,368	2,27	2,35	10	11,71	9,35
	23	6,8	136	39	0,08	0,0006	117	466,29	17,4	0,035	1	0,23	1,23	0,044	0,368	2,18	2,26	10	11,64	9,38
	24	7	140	40	0,08	0,0006	120	480,00	17,4	0,037	1	0,23	1,23	0,046	0,368	2,36	2,44	10	11,77	9,33
	25	7,15	143	41	0,08	0,0006	123	490,29	17,4	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,368	2,50	2,58	10	11,88	9,29
	26	7,15	143	41	0,07	0,0005	123	0,00	17,4	0,000	1	0,23	1,23	0,000	0,368	0,00	0,07	10	10,04	9,97
	27	7,3	146	42	0,12	0,0008	125	500,57	17,4	0,040	1	0,23	1,23	0,049	0,368	2,65	2,77	10	12,00	9,23
	28	7,45	149	43	0,11	0,0007	128	510,86	17,4	0,042	1	0,23	1,23	0,051	0,368	2,80	2,91	10	12,11	9,20
	29	7,45	149	43	0,11	0,0007	128	510,86	17,4	0,042	1	0,23	1,23	0,051	0,368	2,80	2,91	10	12,11	9,20
	30	7,6	152	43	0,11	0,0007	130	521,14	17,4	0,043	1	0,23	1,23	0,053	0,367	2,96	3,07	10	12,23	9,15
	31	7,85	157	45	0,11	0,0007	135	538,29	17,4	0,046	1	0,23	1,23	0,056	0,367	3,24	3,35	10	12,43	9,08
	32	7,6	152	43	0,11	0,0007	130	521,14	17,4	0,043	1	0,23	1,23	0,053	0,367	2,96	3,07	10	12,23	9,15
	33	7,3	146	42	0,11	0,0008	125	500,57	17,4	0,040	1	0,23	1,23	0,049	0,368	2,65	2,76	10	12,00	9,24
	34	7,2	144	41	0,11	0,0008	123	493,71	17,4	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,368	2,55	2,66	10	11,93	9,26
	35	6,8	136	39	0,11	0,0008	117	466,29	17,4	0,035	1	0,23	1,23	0,044	0,368	2,18	2,29	10	11,66	9,36
	36	6,65	133	38	0,11	0,0008	114	456,00	17,4	0,034	1	0,23	1,23	0,042	0,368	2,05	2,16	10	11,56	9,40

	1	**5,4**	108	29	0,11	0,0010	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,14	10	10,81	9,67
	2	**5,4**	108	29	0,11	0,0010	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,14	10	10,81	9,67
	3	**5,4**	108	29	0,11	0,0010	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,14	10	10,81	9,67
	4	**5,4**	108	29	0,11	0,0010	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,14	10	10,81	9,67
	5	**5,4**	108	29	0,11	0,0010	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,14	10	10,81	9,67
	6	**5,4**	108	29	0,11	0,0010	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,14	10	10,81	9,67
	7	**5,4**	108	29	0,07	0,0006	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,10	10	10,79	9,69
	8	**5,4**	108	29	0,09	0,0008	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,12	10	10,80	9,68
	9	**5,4**	108	29	0,07	0,0006	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,10	10	10,79	9,69
	10	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	11	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	12	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	13	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	14	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	15	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	16	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	17	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
derecha	**18**	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	19	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	20	**5,4**	108	29	0,06	0,0006	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,09	10	10,79	9,69
	21	**5,4**	108	29	0,13	0,0012	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,16	10	10,82	9,66
	22	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	23	**5,4**	108	29	0,12	0,0011	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,15	10	10,82	9,66
	24	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	25	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	26	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	27	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	28	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	29	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	30	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	31	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	32	**5,4**	108	29	0,14	0,0013	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,17	10	10,83	9,65
	33	**5,4**	108	29	0,13	0,0012	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,16	10	10,82	9,66
	34	**5,4**	108	29	0,16	0,0015	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,19	10	10,84	9,64
	35	**5,4**	108	29	0,15	0,0014	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,18	10	10,83	9,65
	36	**5,4**	108	29	0,09	0,0008	87	346,29	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	1,03	1,12	10	10,80	9,68

Los laterales de riego de la izquierda son los situados al Oeste de la parcela y los de la derecha los situados al Este. En cuanto a la numeración de estos, tienen numeración ascendente comenzando por los goteros de la cara Norte. Se cumple que hf < 16,54 m.

3.3.5 Presión al inicio de cada lateral riego localizado

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, de este modo se conocerá el lateral más exigente y posteriormente se podrá calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

1) La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0{,}733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Donde:

- h_m: presión al inicio del lateral (m)
- h_a: presión nominal de los emisores (m)
- h_f: pérdida de carga en el lateral (m)
- ΔZ: desnivel existente entre los extremos del lateral (m)

A partir de la siguiente hoja Excell se ha calculado la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm	SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm
izquierda	**1**	10	10,14	derecha	**1**	10	10,81
	2	10	10,16		**2**	10	10,81
	3	10	10,18		**3**	10	10,81
	4	10	10,20		**4**	10	10,81
	5	10	10,25		**5**	10	10,81
	6	10	10,28		**6**	10	10,81
	7	10	10,31		**7**	10	10,79
	8	10	10,85		**8**	10	10,80
	9	10	10,93		**9**	10	10,79
	10	10	10,93		**10**	10	10,82
	11	10	11,02		**11**	10	10,82
	12	10	11,12		**12**	10	10,82
	13	10	11,12		**13**	10	10,82
	14	10	11,15		**14**	10	10,82
	15	10	11,25		**15**	10	10,82
	16	10	11,23		**16**	10	10,82
	17	10	11,37		**17**	10	10,82
	18	10	11,40		**18**	10	10,82
	19	10	11,45		**19**	10	10,82
	20	10	11,55		**20**	10	10,79
	21	10	11,58		**21**	10	10,82
	22	10	11,71		**22**	10	10,82
	23	10	11,64		**23**	10	10,82
	24	10	11,77		**24**	10	10,83
	25	10	11,88		**25**	10	10,83
	26	10	10,04		**26**	10	10,83
	27	10	12,00		**27**	10	10,83
	28	10	12,11		**28**	10	10,83
	29	10	12,11		**29**	10	10,83
	30	10	12,23		**30**	10	10,83
	31	10	12,43		**31**	10	10,83
	32	10	12,23		**32**	10	10,83
	33	10	12,00		**33**	10	10,82
	34	10	11,93		**34**	10	10,84
	35	10	11,66		**35**	10	10,83
	36	10	11,56		**36**	10	10,80

Los laterales que mayor presión exigen tienen un valor de h_m=12,43m.

3.3.6. Características hidráulicas la unidad de riego determinada

	UNIDAD DE RIEGO 1					
	Caudal (l/h)	Nº goteros	Caudal/emisor o difusor (l/h)	Presión demandada (m.c.a)	Nº árboles	Longitud total laterales de riego (m)
Sistema de riego localizado	2×26506	2×6750	4	12,43	2250	2×8126

3.3.7. Dimensionado de la tubería terciaria

Para dimensionar las tuberías terciarias de la red de riego es necesario conjugar varios factores:

- Máximas necesidades de caudal de los laterales de riego, siendo 53012 l/h para el sector 1.
- Máximas necesidades de presión de los laterales de riego, siendo de 12,43 m.c.a. para el sector 1.

Por tanto, la tubería terciaria del sector 1 presenta las siguientes características:

- Caudal de inicio de la tubería: 53012 l/h.
- Longitud de la tubería terciaria: 190 m.
- Desnivel (ΔZ): 0,23m

Para el diseño de la tubería terciaria se han tomado los siguientes criterios:

- La tubería terciaria se alimentará en su punto medio para conseguir una mayor uniformidad en la distribución del caudal y ahorrar costes al poder reducir de este modo el diámetro de tubería en función de las necesidades.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{0,1}{0,03} \cdot 10 = 33,3 m.c.a.$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,4 \cdot 33,3 = 13,32 m$$

$$\Delta H_{TT} = 13,32 m$$
$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = 13,32 + 0,23 = 13,55 m$$

A continuación, es necesario establecer unos valores de pérdida de carga que se asemejen con la realidad para poder calcular la pérdida de carga por rozamiento:

- Pérdidas de carga singulares: 20%.
- Perdidas de carga por rozamiento continuo (factor a): 1,2.

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$13,55 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$hr_{TT} = \frac{13,55}{1,2} = 11,29 m$$

Sabiendo que la tubería terciaria será de PE, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria.

Cálculos:

<u>Tramo 1</u>

Se trata del tramo de tubería situado a la derecha respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Nor-Este.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.1	44 metros
Caudal tramo 1.1	23965,7 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
23965	44	0,23	11,29	0,303	18	0,392	38,96

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.2	51 metros
Caudal tramo 1.2	11835,52 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
11835,52	51	0,23	11,29	0,261	10	0,405	31,1

Tramo 2

Se trata del tramo de tubería situado a la izquierda respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Sur-oeste.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.1	49 metros
Caudal tramo 2.1	29046,3 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
29046,3	49	0,23	11,29	0,272	17	0,393	42,66

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.2	46 metros
Caudal tramo 1.2	15270,86 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
15270,86	46	0,23	11,29	0,29	8	0,41	33,52

Tras calcular los diámetros teóricos de tubería es necesario elegir tuberías con diámetros comerciales que se asemejen a estos diámetros calculados.

A continuación se calcularan las pérdidas de cargas equivalentes mediante la fórmula de Cruciani para comprobar que las tuberías seleccionadas son adecuadas.

Las tuberías de PE alta densidad y 10 atm de presión nominal.

	TRAMO-1.1	TRAMO-1.2	TRAMO-2.1	TRAMO-2.2
Tubería D.ext (mm)	40	32	50	40

Al elegir un diámetro de tubería igual o superior al teórico calculado, nos aseguramos que las pérdidas de carga $h_f < 11,29$m.

3.3.8. Presión al inicio de la tubería terciaria

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(a \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Donde:

- H_m: es la presión al inicio de la tubería terciaria (m)
- H_a: es la presión al inicio del lateral más exigente (m)
- $(a \cdot h_f)_{TT}$: es la pérdida de carga total en la tubería terciaria (m)
- ΔZ_{TT}: es el desnivel de la tubería terciaria (m)
- h_v: es la pérdida de carga en la válvula (m), se fija un valor de 1,5.

Sabiendo que se necesita una presión de 12,43 m para la lateral más desfavorable se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 12{,}43 + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot 11{,}29\right) + \left(\frac{0{,}23}{2}\right) + 1{,}5$$

$$H_m = 23{,}97 m$$

3.4. Calculo de la unidad de riego 2

3.4.1 Tolerancia de caudales riego localizado

A la hora de dimensionar la red de riego es muy importante tener claro que pese a disponer de 6 emisores por planta, estos permanecen colocados a lo largo de 2 laterales de riego por fila, por lo que al realizar los cálculos pertinentes en los laterales de riego únicamente se tendrán en cuenta 3 emisores por árbol para cada lateral de riego.

1) El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales aplicados por cada emisor mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left(1 - \frac{1{,}27 \cdot CV}{\sqrt{e}}\right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

Donde:

- CV: es el coeficiente de variación de fabricación del emisor.
- CU: es el coeficiente de uniformidad de la tubería de riego.
- e: es el número de emisores situados por planta y lateral de riego.
- q_{ns}: es el caudal del emisor que aporta menos agua.
- q_a: caudal nominal de los emisores.

En nuestro caso:

Dato	CV	0,03
	CU	0,8
	e	3
	q_a	4
Resultado	**q_{ns}**	**3,272**

Según los cálculos llevados a cabo, el caudal del emisor que aporta menos agua es de 3,272 litros/hora, de modo que existe una variación de 18,25% respecto el caudal nominal.

Para garantizar el buen funcionamiento de la red de riego se dimensionará permitiendo un 10% de variación máxima respecto el caudal nominal ya que el porcentaje de variación calculado podría disminuir con el uso de los emisores y es recomendable tener un margen de aseguración.

3.4.2 Variación de presión en el riego localizado

En este apartado se va a calcular la máxima variación de presión que es generada cuando la diferencia de caudales entre los emisores que arrojan el caudal máximo y mínimo es del 10 % del caudal nominal, siendo este el criterio tomado en el apartado anterior.

Teniendo en cuenta algunos parámetros del emisor mediante la siguiente fórmula:

3) $$q = K \cdot h^x$$

Derivando se tiene:

$$4)\quad dq = K \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

Si se despeja K en [1] y se introduce este valor en [2], se obtiene:

$$dq = \frac{q}{h^x} \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

$$dq = q \cdot x \cdot \frac{dh}{h}$$

Se obtiene:

$$dh = \frac{1}{x} \cdot \frac{dq}{q} \cdot h \rightarrow \left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \frac{1}{x} \cdot 0{,}1 \cdot H_{nominal}$$

Donde:

- $\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD}$: variación máxima de presión admisible en la unidad de riego
- X: exponente de descarga del emisor. En este caso, x = 0,03
- $H_{nominal}$: presión nominal del emisor. Siendo 10 m.c.a. en nuestro caso.

Sustituyendo se obtiene, el siguiente valor:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{1}{0{,}03} \times 0{,}1 \times 10 = 33{,}3 m.c.a.$$

Se reparte esta tolerancia de presiones máxima admisible entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Atendiendo al resultado obtenido, se admite el siguiente criterio:

- Variación de presión admisible del 40 % del total en la terciaria.
- Variación de presión admisible del 50 % del total en el lateral.

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0{,}4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}4 \cdot 33{,}3 = 13{,}32 m$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0{,}5 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}5 \cdot 33{,}3 = 16{,}65 m$$

Finalmente se obtienen los siguientes resultados:

Variación máxima de presión en la tubería terciaria	13,32 m
Variación máxima de presión en los laterales de riego	16,65 m

3.4.3 Dimensionado de los laterales riego localizado

Para el dimensionado de los laterales de riego es fundamental escoger una tubería acorde a las necesidades demandadas por nuestro riego, para ello se han observado varios catálogos comerciales y se ha tomado la siguiente decisión:

- Los laterales: tuberías de PE 50A Ø20 con D_{int} 17,4 mm
- Emisores separados a una distancia de 1 m
- Conexión interlinea de los emisores
- Emisores autocompensantes (CV:0,003)

Como ya se ha indicado, en cada fila de árboles se instalarán dos laterales de riego, donde irán colocados 3 emisores por lateral, tomando como referencia que los goteros centrales serán situados junto al pié del árbol.

Para dimensionar los laterales de riego hay que tener en cuenta las siguientes pérdidas de carga ocasionadas:

1) Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0{,}592 \cdot \left(\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

Donde:

- h_r: pérdida de carga por rozamiento continuo (metros)
- Q: caudal circulante por cada lateral (l/h)
- D: diámetro interior de la tubería (mm)
- L: longitud de la tubería (metros)

2) La pérdida de carga unitaria (m/m), se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0{,}592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

3) La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

Donde:

- J`: es la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de la conexión emisor-lateral
- f_e: es la longitud equivalente de la conexión. En el caso, de conexión interlínea, f_e = 0,23
- S_e: es la separación entre emisores

Esto es debido a que la conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por f_e.

4) La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Donde:

- h_f: es la pérdida de carga en el lateral, considerada como una tubería con servicio en ruta, distribución uniforme y discreta.
- F: es el coeficiente de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores (N), la relación entre la separación entre los laterales y emisores y en función del exponente del caudal en la fórmula de cálculo de las pérdidas de carga. En este caso, $S_o = S_e$.

3.4.4 Cálculo de los laterales del riego localizado

Mediante unas hojas Excel citadas a lo largo de este apartado se han calculado las características de diseño de cada lateral de riego (perdidas de carga, dimensiones de cada lateral de riego, etc.) ya que a pesar de tener una buena nivelación la parcela, algunos sectores de riego presentan variación de longitud de tubería debido a la geometría de la finca.

1) La variación de presión admisible para los laterales de riego es la originada por pérdidas de carga y desnivel:

$$\Delta H_{LR} = \left(a \cdot hr_{LR} \right) \pm \Delta Z_{LR}$$

Donde,

- $(a \cdot hr)_{LR}$: son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego
- ΔZ_{LR}: es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria.

En dicho sector, los laterales más desfavorables son los situados al lado derecho del sector ya que cada uno tiene 113 metros del inicio de la tubería terciaria, de modo que se ha elegido el que más desnivel presenta que es el lateral 32 que presenta 0,16 metros de desnivel.

Sustituyendo en la siguiente ecuación, obtenernos el mayor valor de pérdida de carga para nuestro sector.

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 16{,}65 - 0{,}16 = 16{,}49m$$

A continuación, a partir de las pérdidas de carga calculadas en cada lateral de riego, comprobamos que sean menores que la máxima perdida de carga admisible que será de 16,49 metros.

Hay que tener en cuenta que en cada fila de árboles disponemos de doble línea de goteros pero al presentar las mismas características en cada línea, las pérdidas de carga serán iguales. Pero a la hora de calcular los caudales, habrá que tener en cuenta la duplicidad de estos.

En el caso de la Unidad 2, las pérdidas de carga por cada lateral de riego vienen indicadas en la siguiente hoja Excell:

Los laterales de riego de la izquierda son los situados al Oeste de la parcela y los de la derecha los situados al Este. En cuanto a la numeración de estos, tienen numeración ascendente comenzando por los goteros de la cara Norte.

SITUACION	LATERAL	ongitud mapa	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	NÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J´	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
izquierda	**1**	**5,6**	112	32	0,16	0,0014	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,44	10	11,02	9,58
	2	**5,6**	112	32	0,16	0,0014	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,44	10	11,02	9,58
	3	**5,6**	112	32	0,16	0,0014	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,44	10	11,02	9,58
	4	**5,6**	112	32	0,13	0,0012	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,41	10	11,01	9,59
	5	**5,6**	112	32	0,12	0,0011	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,40	10	11,00	9,60
	6	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	7	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	8	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	9	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	10	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	11	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	12	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	13	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	14	**5,6**	112	32	0,08	0,0007	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,36	10	10,98	9,62
	15	**5,6**	112	32	0,12	0,0011	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,40	10	11,00	9,60
	16	**5,6**	112	32	0,12	0,0011	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,40	10	11,00	9,60
	17	**5,6**	112	32	0,12	0,0011	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,40	10	11,00	9,60
	18	**5,6**	112	32	0,12	0,0011	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,40	10	11,00	9,60
	19	**5,6**	112	32	0,06	0,0005	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,34	10	10,97	9,63
	20	**5,6**	112	32	0,13	0,0012	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,41	10	11,01	9,59
	21	**5,6**	112	32	0,12	0,0011	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,40	10	11,00	9,60
	22	**5,6**	112	32	0,12	0,0011	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,40	10	11,00	9,60
	23	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	24	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	25	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	26	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	0,00	17,4	0,000	1	0,23	1,23	0,000	0,369	0,00	0,14	10	10,07	9,93
	27	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	28	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	29	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	30	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	31	**5,6**	112	32	0,14	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,42	10	11,01	9,59
	32	**5,6**	112	32	0,13	0,0012	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,41	10	11,01	9,59
	33	**5,6**	112	32	0,16	0,0014	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,44	10	11,02	9,58
	34	**5,6**	112	32	0,15	0,0013	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,43	10	11,02	9,58
	35	**5,6**	112	32	0,11	0,0010	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,39	10	11,00	9,60
	36	**5,6**	112	32	0,11	0,0010	96	384,00	17,4	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,369	1,28	1,39	10	11,00	9,60

SITUACIÓN	LATERAL	longitud mapa (E1:2000)	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	ÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h_f	Δh_t	ha	hm	hn
	1	**5,65**	113	30	0,11	0,0010	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,29	10	10,92	9,63
	2	**5,65**	113	30	0,11	0,0010	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,29	10	10,92	9,63
	3	**5,65**	113	30	0,15	0,0013	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,33	10	10,94	9,61
	4	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	5	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	6	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	7	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	8	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	9	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	10	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	11	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	12	**5,65**	113	30	0,13	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,31	10	10,93	9,62
	13	**5,65**	113	30	0,12	0,0011	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,30	10	10,92	9,63
	14	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	15	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	16	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	17	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
derecha	**18**	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	19	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	20	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	21	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	22	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	23	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65
	24	**5,65**	113	30	0,14	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,32	10	10,93	9,62
	25	**5,65**	113	30	0,14	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,32	10	10,93	9,62
	26	**5,65**	113	30	0,14	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,32	10	10,93	9,62
	27	**5,65**	113	30	0,14	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,32	10	10,93	9,62
	28	**5,65**	113	30	0,14	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,32	10	10,93	9,62
	29	**5,65**	113	30	0,14	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,32	10	10,93	9,62
	30	**5,65**	113	30	0,14	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,32	10	10,93	9,62
	31	**5,65**	113	30	0,13	0,0012	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,31	10	10,93	9,62
	32	**5,65**	113	30	0,16	0,0014	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,34	10	10,94	9,61
	33	**5,65**	113	30	0,15	0,0013	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,33	10	10,94	9,61
	34	**5,65**	113	30	0,09	0,0008	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,27	10	10,91	9,64
	35	**5,65**	113	30	0,09	0,0008	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,27	10	10,91	9,64
	36	**5,65**	113	30	0,08	0,0007	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,18	1,26	10	10,90	9,65

Analizando dicha hoja Excel se cumple que hf en cualquiera de los casos es < 16,49 m

3.4.5 Presión al inicio de cada lateral riego localizado

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, de este modo se conocerá el lateral más exigente y posteriormente se podrá calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

1) La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0{,}733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Donde:

- h_m: presión al inicio del lateral (m)
- h_a: presión nominal de los emisores (m)
- h_f: pérdida de carga en el lateral (m)
- ΔZ: desnivel existente entre los extremos del lateral (m)

A partir de la siguiente hoja Excell se ha calculado la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm	SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm
Izquierda	1	10	11,02	Derecha	1	10	10,92
	2	10	11,02		2	10	10,92
	3	10	11,02		3	10	10,94
	4	10	11,01		4	10	10,94
	5	10	11,00		5	10	10,94
	6	10	10,98		6	10	10,94
	7	10	10,98		7	10	10,94
	8	10	10,98		8	10	10,94
	9	10	10,98		9	10	10,94
	10	10	10,98		10	10	10,94
	11	10	10,98		11	10	10,94
	12	10	10,98		12	10	10,93
	13	10	10,98		13	10	10,92
	14	10	10,98		14	10	10,90
	15	10	11,00		15	10	10,90
	16	10	11,00		16	10	10,90
	17	10	11,00		17	10	10,90
	18	10	11,00		18	10	10,90
	19	10	10,97		19	10	10,90
	20	10	11,01		20	10	10,90
	21	10	11,00		21	10	10,90
	22	10	11,00		22	10	10,90
	23	10	11,01		23	10	10,90
	24	10	11,01		24	10	10,93
	25	10	11,01		25	10	10,93
	26	10	10,07		26	10	10,93
	27	10	11,01		27	10	10,93
	28	10	11,01		28	10	10,93
	29	10	11,01		29	10	10,93
	30	10	11,01		30	10	10,93
	31	10	11,01		31	10	10,93
	32	10	11,01		32	10	10,94
	33	10	11,02		33	10	10,94
	34	10	11,02		34	10	10,91
	35	10	11,00		35	10	10,91
	36	10	11,00		36	10	10,90

Los laterales que mayor presión exigen tienen un valor de h_m=11,07m.

3.4.6. Características hidráulicas la unidad de riego determinada

	UNIDAD DE RIEGO 1					
	Caudal (l/h)	Nº goteros	Caudal/emisor o difusor (l/h)	Presión demandada (m.c.a)	Nº árboles	Longitud total laterales de riego (m)
Sistema de riego localizado	2×26523,4	2×6727	4	11,07	2242	2×8100

3.4.7. Dimensionado de la tubería terciaria

Para dimensionar las tuberías terciarias de la red de riego es necesario conjugar varios factores:

- Máximas necesidades de caudal de los laterales de riego, siendo 53046,8 l/h para el sector 2.
- Máximas necesidades de presión de los laterales de riego, siendo de 11,07 m.c.a. para el sector 2.

Por tanto, la tubería terciaria del sector 2 presenta las siguientes características:

- Caudal de inicio de la tubería: 53046,8 l/h.
- Longitud de la tubería terciaria: 190 m.
- Desnivel (ΔZ): 0,35m

Para el diseño de la tubería terciaria se han tomado los siguientes criterios:

- La tubería terciaria se alimentará en su punto medio para conseguir una mayor uniformidad en la distribución del caudal y ahorrar costes al poder reducir de este modo el diámetro de tubería.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{0,1}{0,03} \cdot 10 = 33,3 m.c.a.$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,4 \cdot 33,3 = 13,32 m$$

$$\Delta H_{TT} = 13,32 m$$
$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = 13,32 + 0,35 = 13,67 m$$

A continuación, es necesario establecer unos valores de pérdida de carga que se asemejen con la realidad para poder calcular la pérdida de carga por rozamiento:

- Pérdidas de carga singulares: 20%.
- Perdidas de carga por rozamiento continuo (factor a): 1,2.

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$13,55 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$hr_{TT} = \frac{13,67}{1,2} = 11,39 m$$

Sabiendo que la tubería terciaria será de PE, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria.

Cálculos:

<u>Tramo 1</u>

Se trata del tramo de tubería situado a la derecha respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Nor-Este.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.1	42 metros
Caudal tramo 1.1	26523 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
26523	42	0,35	11,39	0,317	18	0,392	39,92

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.2	53 metros
Caudal tramo 1.2	14948,58 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
14948,58	53	0,35	11,39	0,251	10	0,405	34,17

Tramo 2

Se trata del tramo de tubería situado a la izquierda respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Sur-oeste.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.1	44 metros
Caudal tramo 2.1	26523 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
26523	44	0,35	11,39	0,303	17	0,394	40,36

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.2	51 metros
Caudal tramo 2.2	14948,58 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
14948,58	51	0,35	11,39	0,261	9	0,407	33,93

Tras calcular los diámetros teóricos de tubería es necesario elegir tuberías con diámetros comerciales que se asemejen a estos diámetros calculados.

A continuación se calcularan las pérdidas de cargas equivalentes mediante la fórmula de Cruciani para comprobar que las tuberías seleccionadas son adecuadas.

Las tuberías de PE alta densidad y 10 atm de presión nominal.

	TRAMO-1.1	TRAMO-1.2	TRAMO-2.1	TRAMO-2.2
Tubería D.ext (mm)	40	40	50	40

Al elegir un diámetro de tubería igual o superior al teórico calculado, nos aseguramos que las pérdidas de carga $h_f < 11,39$m.

3.3.8. Presión al inicio de la tubería terciaria

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(a \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Donde:

- H_m: es la presión al inicio de la tubería terciaria (m)
- H_a: es la presión al inicio del lateral más exigente (m)
- $(a \cdot h_f)_{TT}$: es la pérdida de carga total en la tubería terciaria (m)
- ΔZ_{TT}: es el desnivel de la tubería terciaria (m)
- h_v: es la pérdida de carga en la válvula (m), se fija un valor de 1,5.

Sabiendo que se necesita una presión de 12,43 m para la lateral más desfavorable se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 11{,}07 + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot 11{,}39\right) + \left(\frac{0{,}35}{2}\right) + 1{,}5$$

$$H_m = 22{,}76m$$

3.5. Calculo de la unidad de riego 3

3.5.1 Tolerancia de caudales riego localizado

A la hora de dimensionar la red de riego es muy importante tener claro que pese a disponer de 6 emisores por planta, estos permanecen colocados a lo largo de 2 laterales de riego por fila, por lo que al realizar los cálculos pertinentes en los laterales de riego únicamente se tendrán en cuenta 3 emisores por árbol para cada lateral de riego.

1) El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales aplicados por cada emisor mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left(1 - \frac{1{,}27 \cdot CV}{\sqrt{e}}\right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

Donde:

- CV: es el coeficiente de variación de fabricación del emisor.
- CU: es el coeficiente de uniformidad de la tubería de riego.
- e: es el número de emisores situados por planta y lateral de riego.
- q_{ns}: es el caudal del emisor que aporta menos agua.
- q_a: caudal nominal de los emisores.

En nuestro caso:

Dato	CV	0,03
	CU	0,8
	e	3
	q_a	4
Resultado	**q_{ns}**	**3,272**

Según los cálculos llevados a cabo, el caudal del emisor que aporta menos agua es de 3,272 litros/hora, de modo que existe una variación de 18,25% respecto el caudal nominal.

Para garantizar el buen funcionamiento de la red de riego se dimensionará permitiendo un 10% de variación máxima respecto el caudal nominal ya que el porcentaje de variación calculado podría disminuir con el uso de los emisores y es recomendable tener un margen de aseguración.

3.5.2 Variación de presión en el riego localizado

En este apartado se va a calcular la máxima variación de presión que es generada cuando la diferencia de caudales entre los emisores que arrojan el caudal máximo y mínimo es del 10 % del caudal nominal, siendo este el criterio tomado en el apartado anterior.

Teniendo en cuenta algunos parámetros del emisor mediante la siguiente fórmula:

2) $$q = K \cdot h^x$$

Derivando se tiene:

$$3)\quad dq = K \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

Si se despeja K en [1] y se introduce este valor en [2], se obtiene:

$$dq = \frac{q}{h^x} \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

$$dq = q \cdot x \cdot \frac{dh}{h}$$

Se obtiene:

$$dh = \frac{1}{x} \cdot \frac{dq}{q} \cdot h \rightarrow \left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \frac{1}{x} \cdot 0{,}1 \cdot H_{nominal}$$

Donde:

- $\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD}$: variación máxima de presión admisible en la unidad de riego
- X: exponente de descarga del emisor. En este caso, x = 0,03
- $H_{nominal}$: presión nominal del emisor. Siendo 10 m.c.a. en nuestro caso.

Sustituyendo se obtiene, el siguiente valor:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{1}{0{,}03} \times 0{,}1 \times 10 = 33{,}3 m.c.a.$$

Se reparte esta tolerancia de presiones máxima admisible entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Atendiendo al resultado obtenido, se admite el siguiente criterio:

- Variación de presión admisible del 40 % del total en la terciaria.
- Variación de presión admisible del 50 % del total en el lateral.

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0{,}4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}4 \cdot 33{,}3 = 13{,}32 m$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0{,}5 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}5 \cdot 33{,}3 = 16{,}65 m$$

Finalmente se obtienen los siguientes resultados:

Variación máxima de presión en la tubería terciaria	13,32 m
Variación máxima de presión en los laterales de riego	16,65 m

3.5.3 Dimensionado de los laterales riego localizado

Para el dimensionado de los laterales de riego es fundamental escoger una tubería acorde a las necesidades demandadas por nuestro riego, para ello se han observado varios catálogos comerciales y se ha tomado la siguiente decisión:

- Los laterales: tuberías de PE 50A Ø20 con D_{int} 17,4 mm
- Emisores separados a una distancia de 1 m
- Conexión interlinea de los emisores
- Emisores autocompensantes (CV:0,003)

Como ya se ha indicado, en cada fila de árboles se instalarán dos laterales de riego, donde irán colocados 3 emisores por lateral, tomando como referencia que los goteros centrales serán situados junto al pié del árbol.

Para dimensionar los laterales de riego hay que tener en cuenta las siguientes pérdidas de carga ocasionadas:

1) Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0{,}592 \cdot \left(\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

Donde:

- h_r: pérdida de carga por rozamiento continuo (metros)
- Q: caudal circulante por cada lateral (l/h)
- D: diámetro interior de la tubería (mm)
- L: longitud de la tubería (metros)

2) La pérdida de carga unitaria (m/m), se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0{,}592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

3) La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

Donde:

- J`: es la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de la conexión emisor-lateral
- f_e: es la longitud equivalente de la conexión. En el caso, de conexión interlínea, f_e = 0,23
- S_e: es la separación entre emisores

Esto es debido a que la conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por f_e.

4) La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Donde:

- h_f: es la pérdida de carga en el lateral, considerada como una tubería con servicio en ruta, distribución uniforme y discreta.
- F: es el coeficiente de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores (N), la relación entre la separación entre los laterales y emisores y en función del exponente del caudal en la fórmula de cálculo de las pérdidas de carga. En este caso, $S_o = S_e$.

3.5.4 Cálculo de los laterales del riego localizado

Mediante unas hojas Excel citadas a lo largo de este apartado se han calculado las características de diseño de cada lateral de riego (perdidas de carga, dimensiones de cada lateral de riego, etc.) ya que a pesar de tener una buena nivelación la parcela, algunos sectores de riego presentan variación de longitud de tubería debido a la geometría de la finca.

1) La variación de presión admisible para los laterales de riego es la originada por pérdidas de carga y desnivel:

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) \pm \Delta Z_{LR}$$

Donde,

- $(a \cdot hr)_{LR}$: son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego
- ΔZ_{LR}: es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria.

En dicho sector, el lateral más desfavorable será el lateral número 20 del lado derecho ya que se sitúa a 152 metros del inicio de la tubería terciaria.

Sustituyendo en la siguiente ecuación, obtenernos el mayor valor de pérdida de carga para nuestro sector.

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 16{,}65 - 0{,}13 = 16{,}52m$$

A continuación, a partir de las pérdidas de carga calculadas en cada lateral de riego, comprobamos que sean menores que la máxima perdida de carga admisible que será de 16,52 metros.

Hay que tener en cuenta que en cada fila de árboles disponemos de doble línea de goteros pero al presentar las mismas características en cada línea, las pérdidas de carga serán iguales. Pero a la hora de calcular los caudales, habrá que tener en cuenta la duplicidad de estos.

En el caso de la Unidad 3, las pérdidas de carga por cada lateral de riego vienen indicadas en la siguiente hoja Excell:

Los laterales de riego de la izquierda son los situados al Oeste de la parcela y los de la derecha los situados al Este. En cuanto a la numeración de estos, tienen numeración ascendente comenzando por los goteros de la cara Norte.

SITUACIÓN	LATERAL	ongitud map	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	IÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J´	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
	1	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	2	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	3	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	4	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	5	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	6	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	7	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	8	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	9	**5,5**	110	29	0,14	0,0013	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,23	10	10,87	9,64
	10	**5,5**	110	29	0,14	0,0013	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,23	10	10,87	9,64
	11	**5,5**	110	29	0,14	0,0013	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,23	10	10,87	9,64
	12	**5,5**	110	29	0,14	0,0013	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,23	10	10,87	9,64
	13	**5,5**	110	29	0,14	0,0013	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,23	10	10,87	9,64
	14	**5,5**	110	29	0,14	0,0013	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,23	10	10,87	9,64
	15	**5,5**	110	29	0,14	0,0013	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,23	10	10,87	9,64
	16	**5,5**	110	29	0,13	0,0012	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,22	10	10,86	9,64
	17	**5,5**	110	29	0,16	0,0015	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,25	10	10,88	9,63
	18	**5,5**	110	29	0,15	0,0014	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,24	10	10,87	9,63
	19	**5,5**	110	29	0,9	0,0082	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,99	10	11,25	9,26
	20	**5,5**	110	29	0,9	0,0082	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,99	10	11,25	9,26
izquierda	**21**	**5,5**	110	29	0,9	0,0082	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,99	10	11,25	9,26
	22	**5,5**	110	29	0,16	0,0015	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,25	10	10,88	9,63
	23	**5,5**	110	29	0,16	0,0015	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,25	10	10,88	9,63
	24	**5,5**	110	29	0,13	0,0012	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,22	10	10,86	9,64
	25	**5,5**	110	29	0,12	0,0011	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,21	10	10,86	9,65
	26	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	0,00	17,4	0,000	1	0,23	1,23	0,000	0,369	0,00	0,08	10	10,04	9,96
	27	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	28	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	29	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	30	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	31	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	32	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	33	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	34	**5,5**	110	29	0,08	0,0007	88	353,14	17,4	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,369	1,09	1,17	10	10,84	9,67
	35	**5**	100	27	0,12	0,0012	80	318,86	17,4	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,370	0,83	0,95	10	10,67	9,72
	36	**4,8**	96	25	0,12	0,0013	76	305,14	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,74	0,86	10	10,60	9,74
	37	**3,5**	70	20	0,12	0,0017	60	240,00	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,36	0,48	10	10,32	9,85
	38	**3**	60	17	0,12	0,0020	51	205,71	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,373	0,23	0,35	10	10,23	9,88
	39	**2,2**	44	13	0,06	0,0014	38	150,86	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,377	0,10	0,16	10	10,10	9,94
	40	**1,6**	32	9	0,13	0,0041	27	109,71	17,4	0,003	1	0,23	1,23	0,003	0,387	0,04	0,17	10	10,10	9,92
	41	**1,05**	21	6	0,12	0,0057	18	72,00	17,4	0,001	1	0,23	1,23	0,002	0,392	0,01	0,13	10	10,07	9,94

SITUACIÓN	LATERAL	longitud mapa (E1:2000)	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	NÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
	1	**6,4**	128	37	0,12	0,0009	110	438,86	17,4	0,032	1	0,23	1,23	0,039	0,368	1,85	1,97	10	11,42	9,45
	2	**6,4**	128	37	0,14	0,0011	110	438,86	17,4	0,032	1	0,23	1,23	0,039	0,368	1,85	1,99	10	11,43	9,44
	3	**6,5**	130	37	0,08	0,0006	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,01	10	11,45	9,44
	4	**6,5**	130	37	0,08	0,0006	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,01	10	11,45	9,44
	5	**6,5**	130	37	0,14	0,0011	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,07	10	11,48	9,41
	6	**6,7**	134	38	0,14	0,0010	115	459,43	17,4	0,035	1	0,23	1,23	0,043	0,368	2,10	2,24	10	11,61	9,37
	7	**6,7**	134	38	0,14	0,0010	115	459,43	17,4	0,035	1	0,23	1,23	0,043	0,368	2,10	2,24	10	11,61	9,37
	8	**6,9**	138	39	0,14	0,0010	118	473,14	17,4	0,036	1	0,23	1,23	0,045	0,368	2,27	2,41	10	11,74	9,32
	9	**6,9**	138	39	0,14	0,0010	118	473,14	17,4	0,036	1	0,23	1,23	0,045	0,368	2,27	2,41	10	11,74	9,32
	10	**6,9**	138	39	0,14	0,0010	118	473,14	17,4	0,036	1	0,23	1,23	0,045	0,368	2,27	2,41	10	11,74	9,32
	11	**7**	140	40	0,14	0,0010	120	480,00	17,4	0,037	1	0,23	1,23	0,046	0,368	2,36	2,50	10	11,80	9,30
	12	**7**	140	40	0,13	0,0009	120	480,00	17,4	0,037	1	0,23	1,23	0,046	0,368	2,36	2,49	10	11,80	9,30
	13	**7,2**	144	41	0,16	0,0011	123	493,71	17,4	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,368	2,55	2,71	10	11,95	9,24
	14	**7,2**	144	41	0,15	0,0010	123	493,71	17,4	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,368	2,55	2,70	10	11,95	9,24
	15	**7,2**	144	41	0,09	0,0006	123	493,71	17,4	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,368	2,55	2,64	10	11,92	9,27
	16	**7,4**	148	42	0,09	0,0006	127	507,43	17,4	0,041	1	0,23	1,23	0,051	0,368	2,75	2,84	10	12,06	9,22
derecha	**17**	7,4	148	42	0,09	0,0006	127	507,43	17,4	0,041	1	0,23	1,23	0,051	0,368	2,75	2,84	10	12,06	9,22
	18	**7,5**	150	43	0,16	0,0011	129	514,29	17,4	0,042	1	0,23	1,23	0,052	0,368	2,86	3,02	10	12,17	9,16
	19	**7,5**	150	43	0,16	0,0011	129	514,29	17,4	0,042	1	0,23	1,23	0,052	0,368	2,86	3,02	10	12,17	9,16
	20	**7,6**	152	43	0,13	0,0009	130	521,14	17,4	0,043	1	0,23	1,23	0,053	0,367	2,96	3,09	10	12,24	9,14
	21	**7,6**	152	43	0,12	0,0008	130	521,14	17,4	0,043	1	0,23	1,23	0,053	0,367	2,96	3,08	10	12,23	9,15
	22	**7,4**	148	42	0,08	0,0005	127	507,43	17,4	0,041	1	0,23	1,23	0,051	0,368	2,75	2,83	10	12,06	9,23
	23	**6,9**	138	39	0,08	0,0006	118	473,14	17,4	0,036	1	0,23	1,23	0,045	0,368	2,27	2,35	10	11,71	9,35
	24	**6,2**	124	35	0,08	0,0006	106	425,14	17,4	0,030	1	0,23	1,23	0,037	0,368	1,70	1,78	10	11,28	9,51
	25	**5,5**	110	31	0,08	0,0007	94	377,14	17,4	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,369	1,22	1,30	10	10,94	9,63
	26	**5**	100	29	0,08	0,0008	86	342,86	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,025	0,370	0,94	1,02	10	10,73	9,71
	27	**4,3**	86	25	0,08	0,0009	74	294,86	17,4	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,371	0,62	0,70	10	10,50	9,79
	28	**3,8**	76	22	0,08	0,0011	65	260,57	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,44	0,52	10	10,37	9,84
	29	**3,1**	62	18	0,08	0,0013	53	212,57	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,373	0,26	0,34	10	10,23	9,89
	30	**2,4**	48	14	0,08	0,0017	41	164,57	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,21	10	10,13	9,93
	31	**1,9**	38	11	0,08	0,0021	33	130,29	17,4	0,004	1	0,23	1,23	0,005	0,387	0,07	0,15	10	10,09	9,94
	32	**1,2**	24	7	0,08	0,0033	21	82,29	17,4	0,002	1	0,23	1,23	0,002	0,390	0,02	0,10	10	10,05	9,95

Analizando dicha hoja Excel se cumple que hf en cualquiera de los casos es < 16,52.

3.5.5 presión al inicio de cada lateral riego localizado

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, de este modo se conocerá el lateral más exigente y posteriormente se podrá calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

2) La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0{,}733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Donde:

- h_m: presión al inicio del lateral (m)
- h_a: presión nominal de los emisores (m)
- h_f: pérdida de carga en el lateral (m)
- ΔZ: desnivel existente entre los extremos del lateral (m)

A partir de la siguiente hoja excel se ha calculado la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm	SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm
Izquierda	**1**	10	10,84	Derecha	**1**	10	11,42
	2	10	10,84		**2**	10	11,43
	3	10	10,84		**3**	10	11,45
	4	10	10,84		**4**	10	11,45
	5	10	10,84		**5**	10	11,48
	6	10	10,84		**6**	10	11,61
	7	10	10,84		**7**	10	11,61
	8	10	10,84		**8**	10	11,74
	9	10	10,87		**9**	10	11,74
	10	10	10,87		**10**	10	11,74
	11	10	10,87		**11**	10	11,80
	12	10	10,87		**12**	10	11,80
	13	10	10,87		**13**	10	11,95
	14	10	10,87		**14**	10	11,95
	15	10	10,87		**15**	10	11,92
	16	10	10,86		**16**	10	12,06
	17	10	10,88		**17**	10	12,06
	18	10	10,87		**18**	10	12,17
	19	10	11,25		**19**	10	12,17
	20	10	11,25		**20**	10	12,24
	21	10	11,25		**21**	10	12,23
	22	10	10,88		**22**	10	12,06
	23	10	10,88		**23**	10	11,71
	24	10	10,86		**24**	10	11,28
	25	10	10,86		**25**	10	10,94
	26	10	10,04		**26**	10	10,73
	27	10	10,84		**27**	10	10,50
	28	10	10,84		**28**	10	10,37
	29	10	10,84		**29**	10	10,23
	30	10	10,84		**30**	10	10,13
	31	10	10,84		**31**	10	10,09
	32	10	10,84		**32**	10	10,05
	33	10	10,84				
	34	10	10,84				
	35	10	10,67				
	36	10	10,60				
	37	10	10,32				
	38	10	10,23				
	39	10	10,10				
	40	10	10,10				
	41	10	10,07				

Los laterales que mayor presión exigen tienen un valor de h_m=12,24m.

3.5.6. Características hidráulicas la unidad de riego determinada

	UNIDAD DE RIEGO 1					
	Caudal (l/h)	Nº goteros	Caudal/emisor o difusor (l/h)	Presión demandada (m.c.a)	Nº árboles	Longitud total laterales de riego (m)
Sistema de riego localizado	2×26455	2×6702	4	12,24	2234	2×8071

3.5.7. Dimensionado de la tubería terciaria

Para dimensionar las tuberías terciarias de la red de riego es necesario conjugar varios factores:

- Máximas necesidades de caudal de los laterales de riego, siendo 52910 l/h para el sector 3.
- Máximas necesidades de presión de los laterales de riego, siendo de 12,24 m.c.a. para el sector 3.

Por tanto, la tubería terciaria del sector 3 presenta las siguientes características:

- Caudal de inicio de la tubería: 52910 l/h.
- Longitud de la tubería terciaria: 290 m.
- Desnivel (ΔZ): 0,41m

Para el diseño de la tubería terciaria se han tomado los siguientes criterios:

- La tubería terciaria se alimentará en su punto medio para conseguir una mayor uniformidad en la distribución del caudal y ahorrar costes al poder reducir de este modo el diámetro de tubería.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{0,1}{0,03} \cdot 10 = 33,3 m.c.a.$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0{,}4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}4 \cdot 33{,}3 = 13{,}32m$$

$$\Delta H_{TT} = 13{,}32m$$
$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = 13{,}32 + 0{,}41 = 13{,}73m$$

A continuación, es necesario establecer unos valores de pérdida de carga que se asemejen con la realidad para poder calcular la pérdida de carga por rozamiento:

- Pérdidas de carga singulares: 20%.
- Perdidas de carga por rozamiento continuo (factor a): 1,2.

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1{,}2 \cdot hr_{TT}$$
$$13{,}55 = 1{,}2 \cdot hr_{TT}$$
$$hr_{TT} = \frac{13{,}73}{1{,}2} = 11{,}44m$$

Sabiendo que la tubería terciaria será de PE, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria.

Cálculos:

<u>Tramo 1</u>

Se trata del tramo de tubería situado a la derecha respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Sur-Oeste.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.1	56 metros
Caudal tramo 1.1	23150,14 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
23150,1	56	0,41	11,44	0,238	22	0,387	40,23

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.2	138 metros
Caudal tramo 1.2	8317,7 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
8317,7	138	0,41	11,44	0,097	10	0,405	33,68

Tramo 2

Se trata del tramo de tubería situado a la izquierda respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Nor-Este.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.1	49 metros
Caudal tramo 2.1	29759,86 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
29759,86	49	0,41	11,44	0,272	18	0,392	43,02

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.2	49 metros
Caudal tramo 2.2	14516,58 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
14516,58	49	0,41	11,44	0,272	9	0,407	33,29

Tras calcular los diámetros teóricos de tubería es necesario elegir tuberías con diámetros comerciales que se asemejen a estos diámetros calculados.

A continuación se calcularan las pérdidas de cargas equivalentes mediante la fórmula de Cruciani para comprobar que las tuberías seleccionadas son adecuadas.

Las tuberías de PE alta densidad y 10 atm de presión nominal.

	TRAMO-1.1	TRAMO-1.2	TRAMO-2.1	TRAMO-2.2
Tubería D.ext (mm)	50	40	50	40

Al elegir un diámetro de tubería igual o superior al teórico calculado, nos aseguramos que las pérdidas de carga h_f < 11,44m.

3.3.8. Presión al inicio de la tubería terciaria

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(a \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Donde:

- H_m: es la presión al inicio de la tubería terciaria (m)
- H_a: es la presión al inicio del lateral más exigente (m)
- $(a \cdot h_f)_{TT}$: es la pérdida de carga total en la tubería terciaria (m)
- ΔZ_{TT}: es el desnivel de la tubería terciaria (m)
- h_v: es la pérdida de carga en la válvula (m), se fija un valor de 1,5.

Sabiendo que se necesita una presión de 12,43 m para la lateral más desfavorable se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 12{,}24 + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot 11{,}44\right) + \left(\frac{0{,}41}{2}\right) + 1{,}5$$

$$H_m = 24{,}01m$$

3.6. Calculo de la unidad de riego 4

3.6.1 Tolerancia de caudales riego localizado

A la hora de dimensionar la red de riego es muy importante tener claro que pese a disponer de 6 emisores por planta, estos permanecen colocados a lo largo de 2 laterales de riego por fila, por lo que al realizar los cálculos pertinentes en los laterales de riego únicamente se tendrán en cuenta 3 emisores por árbol para cada lateral de riego.

1) El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales aplicados por cada emisor mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left(1 - \frac{1{,}27 \cdot CV}{\sqrt{e}}\right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

Donde:

- CV: es el coeficiente de variación de fabricación del emisor.
- CU: es el coeficiente de uniformidad de la tubería de riego.
- e: es el número de emisores situados por planta y lateral de riego.
- q_{ns}: es el caudal del emisor que aporta menos agua.
- q_a: caudal nominal de los emisores.

En nuestro caso:

Dato	CV	0,03
	CU	0,8
	e	3
	q_a	4
Resultado	**q_{ns}**	**3,272**

Según los cálculos llevados a cabo, el caudal del emisor que aporta menos agua es de 3,272 litros/hora, de modo que existe una variación de 18,25% respecto el caudal nominal.

Para garantizar el buen funcionamiento de la red de riego se dimensionará permitiendo un 10% de variación máxima respecto el caudal nominal ya que el porcentaje de variación calculado podría disminuir con el uso de los emisores y es recomendable tener un margen de aseguración.

3.6.2 Variación de presión en el riego localizado

En este apartado se va a calcular la máxima variación de presión que es generada cuando la diferencia de caudales entre los emisores que arrojan el caudal máximo y mínimo es del 10 % del caudal nominal, siendo este el criterio tomado en el apartado anterior.

Teniendo en cuenta algunos parámetros del emisor mediante la siguiente fórmula:

$$2)\quad q = K \cdot h^x$$

Derivando se tiene:

$$3)\quad dq = K \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

Si se despeja K en [1] y se introduce este valor en [2], se obtiene:

$$dq = \frac{q}{h^x} \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

$$dq = q \cdot x \cdot \frac{dh}{h}$$

Se obtiene:

$$dh = \frac{1}{x} \cdot \frac{dq}{q} \cdot h \rightarrow \left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \frac{1}{x} \cdot 0{,}1 \cdot H_{nominal}$$

Donde:

- $\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD}$: variación máxima de presión admisible en la unidad de riego
- X: exponente de descarga del emisor. En este caso, x = 0,03
- $H_{nominal}$: presión nominal del emisor. Siendo 10 m.c.a. en nuestro caso.

Sustituyendo se obtiene, el siguiente valor:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{1}{0{,}03} \times 0{,}1 \times 10 = 33{,}3 m.c.a.$$

Se reparte esta tolerancia de presiones máxima admisible entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Atendiendo al resultado obtenido, se admite el siguiente criterio:

- Variación de presión admisible del 40 % del total en la terciaria.
- Variación de presión admisible del 50 % del total en el lateral.

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0{,}4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}4 \cdot 33{,}3 = 13{,}32 m$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0{,}5 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}5 \cdot 33{,}3 = 16{,}65 m$$

Finalmente se obtienen los siguientes resultados:

Variación máxima de presión en la tubería terciaria	13,32 m
Variación máxima de presión en los laterales de riego	16,65 m

3.6.3 Dimensionado de los laterales riego localizado

Para el dimensionado de los laterales de riego es fundamental escoger una tubería acorde a las necesidades demandadas por nuestro riego, para ello se han observado varios catálogos comerciales y se ha tomado la siguiente decisión:

- Los laterales: tuberías de PE 50A Ø20 con D_{int} 17,4 mm
- Emisores separados a una distancia de 1 m
- Conexión interlinea de los emisores
- Emisores autocompensantes (CV:0,003)

Como ya se ha indicado, en cada fila de árboles se instalarán dos laterales de riego, donde irán colocados 3 emisores por lateral, tomando como referencia que los goteros centrales serán situados junto al pié del árbol.

Para dimensionar los laterales de riego hay que tener en cuenta las siguientes pérdidas de carga ocasionadas:

1) Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0{,}592 \cdot \left(\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

Donde:

- h_r: pérdida de carga por rozamiento continuo (metros)
- Q: caudal circulante por cada lateral (l/h)
- D: diámetro interior de la tubería (mm)
- L: longitud de la tubería (metros)

2) La pérdida de carga unitaria (m/m), se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0{,}592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

3) La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

Donde:

- J`: es la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de la conexión emisor-lateral
- f_e: es la longitud equivalente de la conexión. En el caso, de conexión interlínea, f_e = 0,23
- S_e: es la separación entre emisores

Esto es debido a que la conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por f_e.

4) La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Donde:

- h_f: es la pérdida de carga en el lateral, considerada como una tubería con servicio en ruta, distribución uniforme y discreta.
- F: es el coeficiente de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores (N), la relación entre la separación entre los laterales y emisores y en función del exponente del caudal en la fórmula de cálculo de las pérdidas de carga. En este caso, $S_o = S_e$.

3.6.4 Cálculo de los laterales del riego localizado

Mediante unas hojas Excel citadas a lo largo de este apartado se han calculado las características de diseño de cada lateral de riego (perdidas de carga, dimensiones de cada lateral de riego, etc.) ya que a pesar de tener una buena nivelación la parcela, algunos sectores de riego presentan variación de longitud de tubería debido a la geometría de la finca.

1) La variación de presión admisible para los laterales de riego es la originada por pérdidas de carga y desnivel:

$$\Delta H_{LR} = \left(a \cdot hr_{LR}\right) \pm \Delta Z_{LR}$$

Donde,

- $(a \cdot hr)_{LR}$: son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego
- ΔZ_{LR}: es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria.

En dicho sector, el lateral más desfavorable será el lateral número 1 del lado derecho ya que se sitúa a 130 metros del inicio de la tubería terciaria.

Sustituyendo en la siguiente ecuación, obtenernos el mayor valor de pérdida de carga para nuestro sector.

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 16{,}65 - 0{,}08 = 16{,}57m$$

A continuación, a partir de las pérdidas de carga calculadas en cada lateral de riego, comprobamos que sean menores que la máxima perdida de carga admisible que será de 16,57 metros.

Hay que tener en cuenta que en cada fila de árboles disponemos de doble línea de goteros pero al presentar las mismas características en cada línea, las pérdidas de carga serán iguales. Pero a la hora de calcular los caudales, habrá que tener en cuenta la duplicidad de estos.

En el caso de la Unidad 4, las pérdidas de carga por cada lateral de riego vienen indicadas en la siguiente hoja Excell:

SITUACIÓN	LATERAL	ongitud map	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	ÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J´	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
	1	4	80	23	0,16	0,0020	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,67	10	10,46	9,78
	2	4	80	23	0,16	0,0020	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,67	10	10,46	9,78
	3	4	80	23	0,16	0,0020	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,67	10	10,46	9,78
	4	4	80	23	0,16	0,0020	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,67	10	10,46	9,78
	5	4	80	23	0,16	0,0020	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,67	10	10,46	9,78
	6	4	80	23	0,16	0,0020	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,67	10	10,46	9,78
	7	4	80	23	0,13	0,0016	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,64	10	10,44	9,80
	8	4	80	23	0,12	0,0015	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,63	10	10,44	9,80
	9	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	10	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	11	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	12	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	13	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	14	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	15	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	16	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	17	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	18	4	80	23	0,08	0,0010	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,59	10	10,42	9,82
	19	4	80	23	0,14	0,0018	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,65	10	10,45	9,79
	20	4	80	23	0,14	0,0018	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,65	10	10,45	9,79
	21	4	80	23	0,14	0,0018	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,65	10	10,45	9,79
	22	4	80	23	0,13	0,0016	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,64	10	10,44	9,80
	23	4	80	23	0,16	0,0020	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,67	10	10,46	9,78
	24	4	80	23	0,15	0,0019	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,66	10	10,45	9,79
	25	4	80	23	0,09	0,0011	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,60	10	10,42	9,82
	26	4	80	23	0,18	0,0023	69	0,00	17,4	0,000	1	0,23	1,23	0,000	0,371	0,00	0,18	10	10,09	9,91
	27	4	80	23	0,11	0,0014	69	274,29	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,51	0,62	10	10,43	9,81
	28	2,45	49	14	0,15	0,0031	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,28	10	10,17	9,89
izquierda	**29**	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	30	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	31	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	32	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	33	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	34	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	35	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	36	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	37	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
	38	2,45	49	14	0,11	0,0022	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,24	10	10,15	9,91
	39	2,45	49	14	0,13	0,0027	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,26	10	10,16	9,90
	40	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
	41	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
	42	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
	43	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92

44	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
45	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
46	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
47	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
48	2,45	49	14	0,09	0,0018	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,22	10	10,14	9,92
49	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
50	2,45	49	14	0,16	0,0033	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,29	10	10,18	9,88
51	2,45	49	14	0,13	0,0027	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,26	10	10,16	9,90
52	2,45	49	14	0,12	0,0024	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,25	10	10,16	9,90
53	2,45	49	14	0,08	0,0016	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,21	10	10,14	9,92
54	2,45	49	14	0,08	0,0016	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,21	10	10,14	9,92
55	2,45	49	14	0,08	0,0016	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,21	10	10,14	9,92
56	2,45	49	14	0,08	0,0016	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,21	10	10,14	9,92
57	2,45	49	14	0,08	0,0016	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,21	10	10,14	9,92
58	2,45	49	14	0,08	0,0016	42	168,00	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,13	0,21	10	10,14	9,92

SITUACIÓN	LATERAL	longitud mapa (E1:2000)	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	ÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
	1	6,5	130	37	0,08	0,0006	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,01	10	11,45	9,44
	2	6,5	130	37	0,08	0,0006	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,01	10	11,45	9,44
	3	6,5	130	37	0,08	0,0006	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,01	10	11,45	9,44
	4	6,5	130	37	0,08	0,0006	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,01	10	11,45	9,44
	5	6,5	130	37	0,07	0,0005	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,00	10	11,45	9,45
	6	6,5	130	37	0,12	0,0009	111	445,71	17,4	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,368	1,93	2,05	10	11,47	9,42
	7	5,8	116	33	0,11	0,0009	99	397,71	17,4	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,369	1,41	1,52	10	11,09	9,57
	8	5,3	106	30	0,11	0,0010	91	363,43	17,4	0,023	1	0,23	1,23	0,028	0,369	1,10	1,21	10	10,86	9,65
	9	4,6	92	26	0,11	0,0012	79	315,43	17,4	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,370	0,75	0,86	10	10,60	9,74
	10	3,9	78	22	0,11	0,0014	67	267,43	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,48	0,59	10	10,41	9,82
	11	3,4	68	19	0,11	0,0016	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,44	10	10,30	9,86
	12	3	60	17	0,11	0,0018	51	205,71	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,373	0,23	0,34	10	10,23	9,88
	13	3	60	17	0,11	0,0018	51	205,71	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,373	0,23	0,34	10	10,23	9,88
	14	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	15	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	16	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	17	2,7	54	15	0,11	0,0020	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,29	10	10,18	9,90
	18	2,7	54	15	0,11	0,0020	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,29	10	10,18	9,90
	19	2,7	54	15	0,11	0,0020	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,29	10	10,18	9,90
	20	2,55	51	15	0,11	0,0022	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,26	10	10,17	9,90
	21	2,55	51	15	0,11	0,0022	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,26	10	10,17	9,90
	22	2,55	51	15	0,07	0,0014	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,22	10	10,15	9,92
	23	2,35	47	13	0,09	0,0019	40	161,14	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,12	0,21	10	10,13	9,92
	24	2,35	47	13	0,07	0,0015	40	161,14	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,12	0,19	10	10,12	9,93
	25	2,35	47	13	0,12	0,0026	40	161,14	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,12	0,24	10	10,15	9,91
	26	2,2	44	13	0,12	0,0027	38	150,86	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,377	0,10	0,22	10	10,13	9,91
	27	2,2	44	13	0,12	0,0027	38	150,86	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,377	0,10	0,22	10	10,13	9,91
	28	3,75	75	21	0,12	0,0016	64	257,14	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,43	0,55	10	10,37	9,83
	29	3,55	71	20	0,13	0,0018	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,50	10	10,34	9,84
	30	3,55	71	20	0,12	0,0017	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,49	10	10,33	9,84
derecha	**31**	3,55	71	20	0,08	0,0011	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,45	10	10,31	9,86
	32	3,55	71	20	0,08	0,0011	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,45	10	10,31	9,86
	33	3,4	68	19	0,08	0,0012	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,41	10	10,28	9,87
	34	3,4	68	19	0,08	0,0012	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,41	10	10,28	9,87
	35	3,4	68	19	0,08	0,0012	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,41	10	10,28	9,87
	36	3,2	64	18	0,08	0,0013	55	219,43	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,012	0,373	0,28	0,36	10	10,24	9,89
	37	3,2	64	18	0,08	0,0013	55	219,43	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,012	0,373	0,28	0,36	10	10,24	9,89
	38	3,2	64	18	0,08	0,0013	55	219,43	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,012	0,373	0,28	0,36	10	10,24	9,89
	39	3,05	61	17	0,08	0,0013	52	209,14	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,373	0,24	0,32	10	10,22	9,89
	40	3,05	61	17	0,08	0,0013	52	209,14	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,373	0,24	0,32	10	10,22	9,89
	41	3,05	61	17	0,14	0,0023	52	209,14	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,373	0,24	0,38	10	10,25	9,86
	42	2,85	57	16	0,14	0,0025	49	195,43	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,20	0,34	10	10,22	9,88
	43	2,85	57	16	0,12	0,0021	49	195,43	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,20	0,32	10	10,21	9,89

Los laterales de riego de la izquierda son los situados al Oeste de la parcela y los de la derecha los situados al Este. En cuanto a la numeración de estos, tienen numeración ascendente comenzando por los goteros de la cara Norte.

Analizando dicha hoja Excel se cumple que hf en cualquiera de los casos es < 16,57 m

SITUACIÓN	LATERAL	longitud mapa (E1:2000)	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	NÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
44	2,85	57	16	0,13	0,0023	49	195,43	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,20	0,33	10	10,21	9,88
45	2,7	54	15	0,13	0,0024	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,31	10	10,19	9,89
46	2,7	54	15	0,13	0,0024	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,31	10	10,19	9,89
47	2,7	54	15	0,13	0,0024	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,31	10	10,19	9,89
48	2,55	51	15	0,13	0,0025	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,28	10	10,18	9,89
49	2,55	51	15	0,13	0,0025	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,28	10	10,18	9,89
50	2,55	51	15	0,13	0,0025	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,28	10	10,18	9,89
51	2,55	51	15	0,13	0,0025	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,28	10	10,18	9,89
52	2,35	47	13	0,13	0,0028	40	161,14	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,12	0,25	10	10,15	9,90
53	2,35	47	13	0,13	0,0028	40	161,14	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,12	0,25	10	10,15	9,90
54	2,35	47	13	0,13	0,0028	40	161,14	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,376	0,12	0,25	10	10,15	9,90
55	2,15	43	12	0,13	0,0030	37	147,43	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,378	0,09	0,22	10	10,13	9,91
56	2,15	43	12	0,13	0,0030	37	147,43	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,378	0,09	0,22	10	10,13	9,91
57	2,15	43	12	0,08	0,0019	37	147,43	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,378	0,09	0,17	10	10,11	9,93
58	2,05	41	12	0,07	0,0017	35	140,57	17,4	0,004	1	0,23	1,23	0,005	0,378	0,08	0,15	10	10,10	9,94
59	2,05	41	12	0,06	0,0015	35	140,57	17,4	0,004	1	0,23	1,23	0,005	0,378	0,08	0,14	10	10,09	9,95
60	1,6	32	9	0,06	0,0019	27	109,71	17,4	0,003	1	0,23	1,23	0,003	0,387	0,04	0,10	10	10,06	9,96

3.6.5 Presión al inicio de cada lateral riego localizado

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, de este modo se conocerá el lateral más exigente y posteriormente se podrá calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

1) La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0{,}733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Donde:

- h_m: presión al inicio del lateral (m)
- h_a: presión nominal de los emisores (m)
- h_f: pérdida de carga en el lateral (m)
- ΔZ: desnivel existente entre los extremos del lateral (m)

A partir de la siguiente hoja excel se ha calculado la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm	SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm
Izquierda	**1**	10	10,46	Derecha	**1**	10	11,45
	2	10	10,46		**2**	10	11,45
	3	10	10,46		**3**	10	11,45
	4	10	10,46		**4**	10	11,45
	5	10	10,46		**5**	10	11,45
	6	10	10,46		**6**	10	11,47
	7	10	10,44		**7**	10	11,09
	8	10	10,44		**8**	10	10,86
	9	10	10,42		**9**	10	10,60
	10	10	10,42		**10**	10	10,41
	11	10	10,42		**11**	10	10,30
	12	10	10,42		**12**	10	10,23
	13	10	10,42		**13**	10	10,23
	14	10	10,42		**14**	10	10,21
	15	10	10,42		**15**	10	10,21
	16	10	10,42		**16**	10	10,21
	17	10	10,42		**17**	10	10,18
	18	10	10,42		**18**	10	10,18
	19	10	10,45		**19**	10	10,18
	20	10	10,45		**20**	10	10,17
	21	10	10,45		**21**	10	10,17
	22	10	10,44		**22**	10	10,15
	23	10	10,46		**23**	10	10,13
	24	10	10,45		**24**	10	10,12
	25	10	10,42		**25**	10	10,15
	26	10	10,09		**26**	10	10,13
	27	10	10,43		**27**	10	10,13
	28	10	10,17		**28**	10	10,37
	29	10	10,18		**29**	10	10,34
	30	10	10,18		**30**	10	10,33
	31	10	10,18		**31**	10	10,31
	32	10	10,18		**32**	10	10,31
	33	10	10,18		**33**	10	10,28
	34	10	10,18		**34**	10	10,28
	35	10	10,18		**35**	10	10,28
	36	10	10,18		**36**	10	10,24
	37	10	10,18		**37**	10	10,24
	38	10	10,15		**38**	10	10,24
	39	10	10,16		**39**	10	10,22
	40	10	10,14		**40**	10	10,22
	41	10	10,14		**41**	10	10,25
	42	10	10,14		**42**	10	10,22
	43	10	10,14		**43**	10	10,21
	44	10	10,14		**44**	10	10,21
	45	10	10,14		**45**	10	10,19

	46	10	10,14		**46**	10	10,19
	47	10	10,14		**47**	10	10,19
	48	10	10,14		**48**	10	10,18
	49	10	10,18		**49**	10	10,18
	50	10	10,18		**50**	10	10,18
	51	10	10,16		**51**	10	10,18
	52	10	10,16		**52**	10	10,15
	53	10	10,14		**53**	10	10,15
	54	10	10,14		**54**	10	10,15
	55	10	10,14		**55**	10	10,13
	56	10	10,14		**56**	10	10,13
	57	10	10,14		**57**	10	10,11
	58	10	10,14		**58**	10	10,10
					59	10	10,09
					60	10	10,06

Los laterales que mayor presión exigen tienen un valor de h_m=11,47m.

3.6.6. Características hidráulicas la unidad de riego determinada

	UNIDAD DE RIEGO 1					
	Caudal (l/h)	Nº goteros	Caudal/emisor o difusor (l/h)	Presión demandada (m.c.a)	Nº árboles	longitud total laterales de riego (m)
Sistema de riego localizado	2×25893	2×6542	4	11,47	2181	2×7632

3.6.7. Dimensionado de la tubería terciaria

Para dimensionar las tuberías terciarias de la red de riego es necesario conjugar varios factores:

- Máximas necesidades de caudal de los laterales de riego, siendo 51786 l/h para el sector 4.
- Máximas necesidades de presión de los laterales de riego, siendo de 11,47 m.c.a. para el sector 4.

Por tanto, la tubería terciaria del sector 4 presenta las siguientes características:

- Caudal de inicio de la tubería: 51786 l/h.
- Longitud de la tubería terciaria: 378 m.
- Desnivel (ΔZ): 0,45m

Para el diseño de la tubería terciaria se han tomado los siguientes criterios:

- La tubería terciaria se alimentará en su punto medio para conseguir una mayor uniformidad en la distribución del caudal y ahorrar costes al poder reducir de este modo el diámetro de tubería.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{0,1}{0,03} \cdot 10 = 33,3 m.c.a.$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,4 \cdot 33,3 = 13,32 m$$

$$\Delta H_{TT} = 13,32 m$$
$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = 13,32 + 0,45 = 13,77 m$$

A continuación, es necesario establecer unos valores de pérdida de carga que se asemejen con la realidad para poder calcular la pérdida de carga por rozamiento:

- Pérdidas de carga singulares: 20%.
- Perdidas de carga por rozamiento continuo (factor a): 1,2.

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$13,55 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$hr_{TT} = \frac{13,77}{1,2} = 11,48 m$$

Sabiendo que la tubería terciaria será de PE, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria.

Como ya se ha citado, el diámetro de tubería no será constante sino que se irá ajustando a medida que las necesidades de caudal de los laterales se vayan reduciendo. De modo que iremos realizando los cálculos comenzando con los tramos de mayores necesidades de caudal y continuaremos hasta llegar al final donde las necesidades se hayan reducido.

Cálculos:

Tramo 1

Se trata del tramo de tubería situado a la derecha respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Sur-Oeste.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.1	70 metros
Caudal tramo 1.1	28004,56 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
28004,56	70	0,45	11,48	0,19	34	0,38	45,06

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.2	134 metros
Caudal tramo 1.2	12891,42 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
12891,42	134	0,45	11,48	0,099	21	0,389	39,19

Tramo 2

Se trata del tramo de tubería situado a la izquierda respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Nor-Este.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.1	94 metros
Caudal tramo 2.1	28512 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
28512	94	0,45	11,48	0,142	27	0,382	48,31

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.2	92 metros
Caudal tramo 2.2	18349,72 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
18349,72	92	0,45	11,48	0,145	15	0,398	41,24

Tras calcular los diámetros teóricos de tubería es necesario elegir tuberías con diámetros comerciales que se asemejen a estos diámetros calculados.

A continuación se calcularan las pérdidas de cargas equivalentes mediante la fórmula de Cruciani para comprobar que las tuberías seleccionadas son adecuadas.

Las tuberías de PE alta densidad y 10 atm de presión nominal.

	TRAMO-1.1	TRAMO-1.2	TRAMO-2.1	TRAMO-2.2
Tubería D.ext (mm)	50	40	50	50

Al elegir un diámetro de tubería igual o superior al teórico calculado, nos aseguramos que las pérdidas de carga h_f < 11,29m.

3.3.8. Presión al inicio de la tubería terciaria

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(a \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Donde:

- H_m: es la presión al inicio de la tubería terciaria (m)
- H_a: es la presión al inicio del lateral más exigente (m)
- $(a \cdot h_f)_{TT}$: es la pérdida de carga total en la tubería terciaria (m)
- ΔZ_{TT}: es el desnivel de la tubería terciaria (m)
- h_v: es la pérdida de carga en la válvula (m), se fija un valor de 1,5.

Sabiendo que se necesita una presión de 12,43 m para la lateral más desfavorable se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 11{,}47 + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot 11{,}48\right) + \left(\frac{0{,}45}{2}\right) + 1{,}5$$

$$H_m = 23{,}29m$$

3.7. Calculo de la unidad de riego 5

3.7.1 Tolerancia de caudales riego localizado

A la hora de dimensionar la red de riego es muy importante tener claro que pese a disponer de 6 emisores por planta, estos permanecen colocados a lo largo de 2 laterales de riego por fila, por lo que al realizar los cálculos pertinentes en los laterales de riego únicamente se tendrán en cuenta 3 emisores por árbol para cada lateral de riego.

1) El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales aplicados por cada emisor mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left(1 - \frac{1{,}27 \cdot CV}{\sqrt{e}}\right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

Donde:

- CV: es el coeficiente de variación de fabricación del emisor.
- CU: es el coeficiente de uniformidad de la tubería de riego.
- e: es el número de emisores situados por planta y lateral de riego.
- q_{ns}: es el caudal del emisor que aporta menos agua.
- q_a: caudal nominal de los emisores.

En nuestro caso:

Dato	CV	0,03
	CU	0,8
	e	3
	q_a	4
Resultado	**q_{ns}**	**3,272**

Según los cálculos llevados a cabo, el caudal del emisor que aporta menos agua es de 3,272 litros/hora, de modo que existe una variación de 18,25% respecto el caudal nominal.

Para garantizar el buen funcionamiento de la red de riego se dimensionará permitiendo un 10% de variación máxima respecto el caudal nominal ya que el porcentaje de variación calculado podría disminuir con el uso de los emisores y es recomendable tener un margen de aseguración.

3.7.2 variación de presión en el riego localizado

En este apartado se va a calcular la máxima variación de presión que es generada cuando la diferencia de caudales entre los emisores que arrojan el caudal máximo y mínimo es del 10 % del caudal nominal, siendo este el criterio tomado en el apartado anterior.

Teniendo en cuenta algunos parámetros del emisor mediante la siguiente fórmula:

$$1)\quad q = K \cdot h^{x}$$

Derivando se tiene:

$$2)\quad dq = K \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

$$dq = \frac{q}{h^{x}} \cdot x \cdot h^{x-1} dh$$

$$dq = q \cdot x \cdot \frac{dh}{h}$$

Se obtiene:

$$dh = \frac{1}{x} \cdot \frac{dq}{q} \cdot h \rightarrow \left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \frac{1}{x} \cdot 0{,}1 \cdot H_{nominal}$$

Donde:

- $\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD}$: variación máxima de presión admisible en la unidad de riego
- X: exponente de descarga del emisor. En este caso, x = 0,03
- $H_{nominal}$: presión nominal del emisor. Siendo 10 m.c.a. en nuestro caso.

Sustituyendo se obtiene, el siguiente valor:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{1}{0{,}03} \times 0{,}1 \times 10 = 33{,}3 m.c.a.$$

Se reparte esta tolerancia de presiones máxima admisible entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Atendiendo al resultado obtenido, se admite el siguiente criterio:

- Variación de presión admisible del 40 % del total en la terciaria.
- Variación de presión admisible del 50 % del total en el lateral.

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0{,}4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}4 \cdot 33{,}3 = 13{,}32m$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0{,}5 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0{,}5 \cdot 33{,}3 = 16{,}65m$$

Finalmente se obtienen los siguientes resultados:

Variación máxima de presión en la tubería terciaria	13,32 m
Variación máxima de presión en los laterales de riego	16,65 m

3.7.3 Dimensionado de los laterales riego localizado

Para el dimensionado de los laterales de riego es fundamental escoger una tubería acorde a las necesidades demandadas por nuestro riego, para ello se han observado varios catálogos comerciales y se ha tomado la siguiente decisión:

- Los laterales: tuberías de PE 50A Ø20 con D_{int} 17,4 mm
- Emisores separados a una distancia de 1 m
- Conexión interlinea de los emisores
- Emisores autocompensantes (CV:0,003)

Como ya se ha indicado, en cada fila de árboles se instalarán dos laterales de riego, donde irán colocados 3 emisores por lateral, tomando como referencia que los goteros centrales serán situados junto al pié del árbol.

Para dimensionar los laterales de riego hay que tener en cuenta las siguientes pérdidas de carga ocasionadas:

1) Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0{,}592 \cdot \left(\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}\right) \cdot L$$

Donde:

- h_r: pérdida de carga por rozamiento continuo (metros)
- Q: caudal circulante por cada lateral (l/h)
- D: diámetro interior de la tubería (mm)
- L: longitud de la tubería (metros)

2) La pérdida de carga unitaria (m/m), se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0{,}592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

3) La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

Donde:

- J`: es la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de la conexión emisor-lateral
- f_e: es la longitud equivalente de la conexión. En el caso, de conexión interlínea, f_e = 0,23
- S_e: es la separación entre emisores

Esto es debido a que la conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por f_e.

4) La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Donde:

- h_f: es la pérdida de carga en el lateral, considerada como una tubería con servicio en ruta, distribución uniforme y discreta.
- F: es el coeficiente de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores (N), la relación entre la separación entre los laterales y emisores y en función del exponente del caudal en la fórmula de cálculo de las pérdidas de carga. En este caso, $S_o = S_e$.

3.7.4 Cálculo de los laterales del riego localizado

Mediante unas hojas Excel citadas a lo largo de este apartado se han calculado las características de diseño de cada lateral de riego (perdidas de carga, dimensiones de cada lateral de riego, etc.) ya que a pesar de tener una buena nivelación la parcela, algunos sectores de riego presentan variación de longitud de tubería debido a la geometría de la finca.

1) La variación de presión admisible para los laterales de riego es la originada por pérdidas de carga y desnivel:

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) \pm \Delta Z_{LR}$$

Donde,

- $(a \cdot hr)_{LR}$: son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego
- ΔZ_{LR}: es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes. Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria.

En dicho sector, el lateral más desfavorable será el lateral número 1 del lado izquierdo ya que se sitúa a 144 metros del inicio de la tubería terciaria.

Sustituyendo en la siguiente ecuación, obtenernos el mayor valor de pérdida de carga para nuestro sector.

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 16{,}65 - 0{,}16 = 16{,}49m$$

A continuación, a partir de las pérdidas de carga calculadas en cada lateral de riego, comprobamos que sean menores que la máxima perdida de carga admisible que será de 16,49 metros.

Hay que tener en cuenta que en cada fila de árboles disponemos de doble línea de goteros pero al presentar las mismas características en cada línea, las pérdidas de carga serán iguales. Pero a la hora de calcular los caudales, habrá que tener en cuenta la duplicidad de estos.

En el caso de la Unidad 5, las pérdidas de carga por cada lateral de riego vienen indicadas en la siguiente hoja Excell:

SITUACIÓN	LATERAL	ongitud map	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	NÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J´	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
	1	7,2	144	41	0,16	0,0011	123	493,71	17,4	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,368	2,55	2,71	10	11,95	9,24
	2	6,85	137	39	0,13	0,0009	117	469,71	17,4	0,036	1	0,23	1,23	0,044	0,368	2,23	2,36	10	11,70	9,34
	3	6,7	134	38	0,12	0,0009	115	459,43	17,4	0,035	1	0,23	1,23	0,043	0,368	2,10	2,22	10	11,60	9,38
	4	6,35	127	36	0,08	0,0006	109	435,43	17,4	0,031	1	0,23	1,23	0,039	0,368	1,81	1,89	10	11,37	9,48
	5	6	120	34	0,08	0,0007	103	411,43	17,4	0,028	1	0,23	1,23	0,035	0,369	1,55	1,63	10	11,18	9,55
	6	5,65	113	32	0,08	0,0007	97	387,43	17,4	0,026	1	0,23	1,23	0,032	0,369	1,31	1,39	10	11,00	9,61
	7	5,5	110	31	0,08	0,0007	94	377,14	17,4	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,369	1,22	1,30	10	10,94	9,63
	8	5,1	102	29	0,08	0,0008	87	349,71	17,4	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,369	0,99	1,07	10	10,77	9,69
	9	4,95	99	28	0,08	0,0008	85	339,43	17,4	0,020	1	0,23	1,23	0,025	0,370	0,92	1,00	10	10,71	9,72
	10	4,8	96	27	0,08	0,0008	82	329,14	17,4	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,370	0,84	0,92	10	10,66	9,74
	11	4,45	89	25	0,08	0,0009	76	305,14	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,68	0,76	10	10,54	9,78
	12	4,25	85	24	0,08	0,0009	73	291,43	17,4	0,016	1	0,23	1,23	0,019	0,371	0,60	0,68	10	10,48	9,80
	13	4,1	82	23	0,12	0,0015	70	281,14	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,55	0,67	10	10,46	9,79
	14	3,9	78	22	0,12	0,0015	67	267,43	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,48	0,60	10	10,41	9,81
	15	3,7	74	21	0,12	0,0016	63	253,71	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,372	0,41	0,53	10	10,36	9,83
	16	3,55	71	20	0,12	0,0017	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,49	10	10,33	9,84
	17	3,4	68	19	0,06	0,0009	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,39	10	10,27	9,88
	18	4,8	96	27	0,13	0,0014	82	329,14	17,4	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,370	0,84	0,97	10	10,68	9,71
	19	4,45	89	25	0,12	0,0013	76	305,14	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,68	0,80	10	10,56	9,76
	20	4,3	86	25	0,12	0,0014	74	294,86	17,4	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,371	0,62	0,74	10	10,52	9,77
	21	4,1	82	23	0,14	0,0017	70	281,14	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,55	0,69	10	10,47	9,78
	22	3,9	78	22	0,14	0,0018	67	267,43	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,48	0,62	10	10,42	9,80
	23	3,7	74	21	0,14	0,0019	63	253,71	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,372	0,41	0,55	10	10,37	9,82
izquierda	**24**	3,55	71	20	0,14	0,0020	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,51	10	10,34	9,83
	25	3,4	68	19	0,08	0,0012	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,41	10	10,28	9,87
	26	3,25	65	19	0,08	0,0012	56	0,00	17,4	0,000	1	0,23	1,23	0,000	0,373	0,00	0,08	10	10,04	9,96
	27	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
	28	2,75	55	16	0,14	0,0025	47	188,57	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,374	0,18	0,32	10	10,21	9,88
	29	2,55	51	15	0,14	0,0027	44	174,86	17,4	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,15	0,29	10	10,18	9,89
	30	2,7	54	15	0,14	0,0026	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,32	10	10,20	9,88
	31	2,7	54	15	0,14	0,0026	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,32	10	10,20	9,88
	32	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
	33	3,1	62	18	0,14	0,0023	53	212,57	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,373	0,26	0,40	10	10,26	9,86
	34	3,25	65	19	0,13	0,0020	56	222,86	17,4	0,010	1	0,23	1,23	0,012	0,373	0,29	0,42	10	10,28	9,86
	35	3,25	65	19	0,12	0,0018	56	222,86	17,4	0,010	1	0,23	1,23	0,012	0,373	0,29	0,41	10	10,27	9,86
	36	3,4	68	19	0,12	0,0018	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,45	10	10,30	9,85
	37	3,55	71	20	0,12	0,0017	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,49	10	10,33	9,84
	38	3,55	71	20	0,12	0,0017	61	243,43	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,37	0,49	10	10,33	9,84

39	3,75	75	21	0,12	0,0016	64	257,14	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,43	0,55	10	10,37	9,83
40	3,9	78	22	0,12	0,0015	67	267,43	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,48	0,60	10	10,41	9,81
41	4,1	82	23	0,12	0,0015	70	281,14	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,55	0,67	10	10,46	9,79
42	4,1	82	23	0,12	0,0015	70	281,14	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,55	0,67	10	10,46	9,79
43	3,9	78	22	0,12	0,0015	67	267,43	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,48	0,60	10	10,41	9,81
44	3,4	68	19	0,12	0,0018	58	233,14	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,33	0,45	10	10,30	9,85
45	2,7	54	15	0,1	0,0019	46	185,14	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,375	0,18	0,28	10	10,18	9,90
46	2,15	43	12	0,09	0,0021	37	147,43	17,4	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,378	0,09	0,18	10	10,11	9,93
47	1,49	29,8	9	0,09	0,0030	26	102,17	17,4	0,002	1	0,23	1,23	0,003	0,387	0,04	0,13	10	10,07	9,95
48	1,4	28	8	0,09	0,0032	24	96,00	17,4	0,002	1	0,23	1,23	0,003	0,387	0,03	0,12	10	10,07	9,95

Los laterales de riego de la izquierda son los situados al Oeste de la parcela y los de la derecha los situados al Este. En cuanto a la numeración de estos, tienen numeración ascendente comenzando por los goteros de la cara Norte.

SITUACIÓN	LATERAL	longitud mapa (E1:2000)	LONGITUD L(m)	Nº DE PLANTAS	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	NÚMERO DE GOTERO	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h_f	Δh_L	ha	hm	hn
	1	4,5	90	26	0,09	0,0010	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,80	10	10,56	9,77
	2	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	3	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	4	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	5	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	6	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	7	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	8	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	9	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	10	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	11	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	12	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	13	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	14	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	15	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	16	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	17	4,5	90	26	0,11	0,0012	77	308,57	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,370	0,71	0,82	10	10,57	9,76
	18	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	19	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	20	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	21	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	22	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	23	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	24	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
	25	2,9	58	17	0,12	0,0021	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,33	10	10,22	9,88
derecha	**26**	2,9	58	17	0,12	0,0021	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,33	10	10,22	9,88
	27	2,9	58	17	0,12	0,0021	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,33	10	10,22	9,88
	28	2,9	58	17	0,12	0,0021	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,33	10	10,22	9,88
	29	2,9	58	17	0,06	0,0010	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,27	10	10,19	9,91
	30	2,9	58	17	0,13	0,0022	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,34	10	10,22	9,88
	31	2,9	58	17	0,12	0,0021	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,33	10	10,22	9,88
	32	2,9	58	17	0,12	0,0021	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,33	10	10,22	9,88
	33	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
	34	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87

35	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
36	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
37	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
38	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
39	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
40	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
41	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
42	2,9	58	17	0,13	0,0022	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,34	10	10,22	9,88
43	2,9	58	17	0,16	0,0028	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,37	10	10,24	9,86
44	2,9	58	17	0,16	0,0028	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,37	10	10,24	9,86
45	2,9	58	17	0,16	0,0028	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,37	10	10,24	9,86
46	2,9	58	17	0,14	0,0024	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,35	10	10,23	9,87
47	2,9	58	17	0,13	0,0022	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,34	10	10,22	9,88
48	2,9	58	17	0,11	0,0019	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,32	10	10,21	9,89
49	2,9	58	17	0,09	0,0016	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,30	10	10,20	9,90
50	2,9	58	17	0,09	0,0016	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,30	10	10,20	9,90
51	2,9	58	17	0,09	0,0016	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,30	10	10,20	9,90
52	2,9	58	17	0,09	0,0016	50	198,86	17,4	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,374	0,21	0,30	10	10,20	9,90

Analizando dicha hoja Excel se cumple que hf en cualquiera de los casos es < 16,49

3.7.5 Presión al inicio de cada lateral riego localizado

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, de este modo se conocerá el lateral más exigente y posteriormente se podrá calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

1) La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0{,}733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Donde:

- h_m: presión al inicio del lateral (m)
- h_a: presión nominal de los emisores (m)
- h_f: pérdida de carga en el lateral (m)
- ΔZ: desnivel existente entre los extremos del lateral (m)

A partir de la siguiente hoja excel se ha calculado la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm	SITUACIÓN	LATERAL	ha	hm
Izquierda	**1**	10	11,95	Derecha	**1**	10	10,56
	2	10	11,70		**2**	10	10,57
	3	10	11,60		**3**	10	10,57
	4	10	11,37		**4**	10	10,57
	5	10	11,18		**5**	10	10,57
	6	10	11,00		**6**	10	10,57
	7	10	10,94		**7**	10	10,57
	8	10	10,77		**8**	10	10,57
	9	10	10,71		**9**	10	10,57
	10	10	10,66		**10**	10	10,57
	11	10	10,54		**11**	10	10,57
	12	10	10,48		**12**	10	10,57
	13	10	10,46		**13**	10	10,57
	14	10	10,41		**14**	10	10,57
	15	10	10,36		**15**	10	10,57
	16	10	10,33		**16**	10	10,57
	17	10	10,27		**17**	10	10,57
	18	10	10,68		**18**	10	10,21
	19	10	10,56		**19**	10	10,21
	20	10	10,52		**20**	10	10,21
	21	10	10,47		**21**	10	10,21
	22	10	10,42		**22**	10	10,21
	23	10	10,37		**23**	10	10,21
	24	10	10,34		**24**	10	10,21
	25	10	10,28		**25**	10	10,22
	26	10	10,04		**26**	10	10,22
	27	10	10,23		**27**	10	10,22
	28	10	10,21		**28**	10	10,22
	29	10	10,18		**29**	10	10,19
	30	10	10,20		**30**	10	10,22
	31	10	10,20		**31**	10	10,22
	32	10	10,23		**32**	10	10,22
	33	10	10,26		**33**	10	10,23
	34	10	10,28		**34**	10	10,23
	35	10	10,27		**35**	10	10,23
	36	10	10,30		**36**	10	10,23
	37	10	10,33		**37**	10	10,23
	38	10	10,33		**38**	10	10,23
	39	10	10,37		**39**	10	10,23
	40	10	10,41		**40**	10	10,23
	41	10	10,46		**41**	10	10,23
	42	10	10,46		**42**	10	10,22
	43	10	10,41		**43**	10	10,24

	44	10	10,30		**44**	10	10,24
	45	10	10,18		**45**	10	10,24
	46	10	10,11		**46**	10	10,23
	47	10	10,07		**47**	10	10,22
	48	10	10,07		**48**	10	10,21
					49	10	10,20
					50	10	10,20
					51	10	10,20
					52	10	10,20

Los laterales que mayor presión exigen tienen un valor de h_m=11,95m.

3.7.6. Características hidráulicas la unidad de riego determinada

	UNIDAD DE RIEGO 1					
	Caudal (l/h)	Nº goteros	Caudal/emisor o difusor (l/h)	Presión demandada (m.c.a)	Nº árboles	Longitud total laterales de riego (m)
Sistema de riego localizado	2×24969,6	2×6298	4	11,95	2099	2×6538,8

3.7.7. Dimensionado de la tubería terciaria

Para dimensionar las tuberías terciarias de la red de riego es necesario conjugar varios factores:

- Máximas necesidades de caudal de los laterales de riego, siendo 49939,2 l/h para el sector 5.
- Máximas necesidades de presión de los laterales de riego, siendo de 11,95 m.c.a. para el sector 5.

Por tanto, la tubería terciaria del sector 5 presenta las siguientes características:

- Caudal de inicio de la tubería: 49939,2 l/h.
- Longitud de la tubería terciaria: 342 m.
- Desnivel (ΔZ): 0,59m

Para el diseño de la tubería terciaria se han tomado los siguientes criterios:

- La tubería terciaria se alimentará en su punto medio para conseguir una mayor uniformidad en la distribución del caudal y ahorrar costes al poder reducir de este modo el diámetro de tubería.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{0,1}{0,03} \cdot 10 = 33,3 m.c.a.$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,4 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,4 \cdot 33,3 = 13,32 m$$

$$\Delta H_{TT} = 13,32 m$$
$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$
$$(a \cdot hr)_{TT} = 13,32 + 0,59 = 13,91 m$$

A continuación, es necesario establecer unos valores de pérdida de carga que se asemejen con la realidad para poder calcular la pérdida de carga por rozamiento:

- Pérdidas de carga singulares: 20%.
- Perdidas de carga por rozamiento continuo (factor a): 1,2.

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$13,91 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$
$$hr_{TT} = \frac{13,91}{1,2} = 11,59 m$$

Sabiendo que la tubería terciaria será de PE, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria.

Cálculos:

<u>Tramo 1</u>

Se trata del tramo de tubería situado a la derecha respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Nor-Este.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.1	44 metros
Caudal tramo 1.1	31138,3 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
31138,3	44	0,59	11,59	0,303	27	0,383	44,99

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 1.2	122 metros
Caudal tramo 1.2	22347,42 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
22347,42	122	0,59	11,59	0,109	17	0,394	44,57

Tramo 2

Se trata del tramo de tubería situado a la izquierda respecto de la dirección de alimentación del agua por la tubería secundaria, es decir, la mitad de tubería terciaria situada hacia el Sur-oeste.

Dicho tramo se va a dividir en dos partes con el fin de ajustar el diámetro de tubería acorde a las necesidades, este tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.1	75 metros
Caudal tramo 2.1	18800,92 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
18800,92	75	0,59	11,59	0,178	27	0,382	39,65

La segunda parte del tramo presenta las siguientes características:

Longitud tramo 2.2	88 metros
Caudal tramo 2.2	6039,76 l/hora

Al ajustar el diámetro de tubería terciaria a las necesidades de caudal obtenemos:

Q (l/h)	L (m)	AZ (m)	hrTT (m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
6039,76	88	0,59	11,59	0,151	13	0,401	27,17

Tras calcular los diámetros teóricos de tubería es necesario elegir tuberías con diámetros comerciales que se asemejen a estos diámetros calculados.

A continuación se calcularan las pérdidas de cargas equivalentes mediante la fórmula de Cruciani para comprobar que las tuberías seleccionadas son adecuadas.

Las tuberías de PE alta densidad y 10 atm de presión nominal.

	TRAMO-1.1	TRAMO-1.2	TRAMO-2.1	TRAMO-2.2
Tubería D.ext (mm)	50	50	40	32

Al elegir un diámetro de tubería igual o superior al teórico calculado, nos aseguramos que las pérdidas de carga $h_f < 11,59$m.

3.3.8. Presión al inicio de la tubería terciaria

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(a \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0{,}733\left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Donde:

- H_m: es la presión al inicio de la tubería terciaria (m)
- H_a: es la presión al inicio del lateral más exigente (m)
- $(a \cdot h_f)_{TT}$: es la pérdida de carga total en la tubería terciaria (m)
- ΔZ_{TT}: es el desnivel de la tubería terciaria (m)
- h_v: es la pérdida de carga en la válvula (m), se fija un valor de 1,5.

Sabiendo que se necesita una presión de 12,43 m para la lateral más desfavorable se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot h_f\right)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 11{,}95 + 0{,}733 \cdot \left(1{,}2 \cdot 11{,}59\right) + \left(\frac{0{,}59}{2}\right) + 1{,}5$$

$$H_m = 23{,}94m$$

3.8. Calculo de las tuberías secundarias.

Las tuberías secundarias son el punto de unión entre el punto medio de la tubería terciaria hasta el punto más cercano de la tubería primaria para cada sector, de modo que existirá una tubería secundaria para cada sector de riego y cada secundaria estará alimentada por la tubería primaria.

Para calcular las características técnicas de estas tuberiás se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Caudal demandado por cada sector de riego.
- Longitud y desnivel de la tubería secundaria.
- Velocidad media de alimentación del agua por la red de riego. Es muy importante fijar un valor adecuado a nuestra instalación ya que

velocidades pequeñas obligan a instalar diámetros grandes de tubería y favorecen la sedimentación, mientras que grandes velocidades favorecen la aparición de averías. De este modo, se establece como valor de velocidad media 1,8 m/s.

El protocolo de cálculo para dimensionar estas tuberías de PVC va a ser el mismo que el empleado para el caso de las tuberías terciarias.

De modo que teniendo en cuenta los facoteres citados anteriormente se procede a los cálculos de diseño de las tuberías secundarias:

$$D = \sqrt{0{,}236 \cdot Q}$$

Donde,

- D: es el diámetro teórico de la tubería (mm).
- Q: es el caudal circulante (l/h).

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utiliza la fórmula de Cruciani:

$$h_r = 0{,}592 \cdot \left(\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

3.8.1 Calculo de la tubería secundaria para la unidad de riego 1

La tubería secundaria perteneciente al sector 1 se denomina tramo 1 y es la tubería situada entre el punto medio de la tubería terciaria hasta el punto más cercano de la tubería primaria.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	$D_{teórico}$(mm)	$D_{tubería}$(mm)	$D_{interior}$(mm)	h_r(m)
1	330	0,44	53012,57	79,78	90	87,2	8,73

Se adopta para dicho tramo la tubería de PVC-6atm con un diámetro de 90 mm.

3.8.2 Calculo de la tubería secundaria para la unidad de riego 2

La tubería secundaria perteneciente al sector 2 se denomina tramo 2 y es la tubería situada entre el punto medio de la tubería terciaria hasta el punto más cercano de la tubería primaria.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	$D_{teórico}$(mm)	$D_{tubería}$(mm)	$D_{interior}$(mm)	h_r(m)
2	112	0,25	53046,85	63,56	75	72,7	7,04

Debido a que son solo 10 metros la derivación que habría que poner de 75 mm, se adopta para dicho tramo la tubería de PVC-6atm con un diámetro de 90 mm.

3.8.3 Calculo de la tubería secundaria para la unidad de riego 3

La tubería secundaria perteneciente al sector 3 se denomina tramo 3 y es la tubería situada entre el punto medio de la tubería terciaria hasta el punto más cercano de la tubería primaria.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	$D_{teórico}$(mm)	$D_{tubería}$(mm)	$D_{interior}$(mm)	h_r(m)
3	310	0,39	52909,71	78,68	90	87,2	8,17

Se adopta para dicho tramo la tubería de PVC-6atm con un diámetro de 90 mm.

3.8.4 Calculo de la tubería secundaria para la unidad de riego 4

La tubería secundaria perteneciente al sector 4 se denomina tramo 4 y es la tubería situada entre el punto medio de la tubería terciaria hasta el punto más cercano de la tubería primaria.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	$D_{teórico}$(mm)	$D_{tubería}$(mm)	$D_{interior}$(mm)	h_r(m)
4	505	0,44	51785,14	86,5	90	87,2	12,82

Se adopta para dicho tramo la tubería de PVC-6atm con un diámetro de 90 mm.

3.8.5 Calculo de la tubería secundaria para la unidad de riego 5

La tubería secundaria perteneciente al sector 5 se denomina tramo 5 y es la tubería situada entre el punto medio de la tubería terciaria hasta el punto más cercano de la tubería primaria.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	$D_{teórico}$(mm)	$D_{tubería}$(mm)	$D_{interior}$(mm)	h_r(m)
5	520	0,41	44371,2	82,22	90	87,2	10,07

Se adopta para dicho tramo la tubería de PVC-6atm con un diámetro de 90 mm.

3.9. Movimiento de tierras

Una vez calculados los diámetros de tuberías de la instalación de riego procedemos a calcular las dimensiones de las zanjas donde estas permanecerán enterradas a excepción de los laterales de riego que permanecen en superficie.

3.9.1 Definición de zanjas

En el apartado 2.1. de este Anejo se ha explicado el protocolo del proceso de montaje pero a continuación, en la siguiente tabla se detalla cual va a ser el volumen de zanja para cada tubería de nuestra instalación.

Tubería	Ø ext. tuberia (mm)	Ancho zanja (m)	Prof. Zanja (m)	Volumen zanja (m^3)	Volumen total (m^3)
Primaria	90	1	1	457	2408
Secundaria 1	90	1	1	230	
Secundaria 2	90	1	1	14	
Secundaria 3	90	1	1	210	
Secundaria 4	90	1	1	44	
Secundaria 5	90	1	1	62	
Terciaria 1(1.1)	40	1	1	44	
Terciaria 1(1.2)	32	1	1	51	
Terciaria 1(2.1)	50	1	1	49	
Terciaria 1(2.2)	40	1	1	46	
Terciaria 2(1.1)	40	1	1	42	
Terciaria 2(1.2)	40	1	1	53	
Terciaria 2(2.1)	50	1	1	44	
Terciaria 2(2.2)	40	1	1	51	
Terciaria 3(1.1)	50	1	1	56	
Terciaria 3(1.2)	40	1	1	138	
Terciaria 3(2.1)	50	1	1	49	
Terciaria 3(2.2)	40	1	1	49	
Terciaria 4(1.1)	50	1	1	70	
Terciaria 4(1.2)	40	1	1	134	
Terciaria 4(2.1)	50	1	1	94	
Terciaria 4(2.2)	50	1	1	92	
Terciaria 5(1.1)	50	1	1	44	
Terciaria 5(1.2)	50	1	1	122	
Terciaria 5(2.1)	40	1	1	75	
Terciaria 5(2.2)	32	1	1	88	

Anejo 11: Diseño del almacén

1. Objeto de construcción de la nave

El objeto se basa en la construcción de una nueva nave dentro de una parcela en la que existen otras edificaciones y un cerramiento perimetral de obra. Dicha nave tendrá una planta, será abierta y de forma trapezoidal, con las dimensiones grafiadas en los planos. El uso de la nave es para almacenamiento de maquinaria, recogida y secado de las almendras durante la época de recolección.

2. Situación y localización

La nave no permanece localizada en la misma parcela donde se encuentra la plantación de almendros sino que está localizada a una distancia de 3,7 kilómetros de esta. De modo que la parcela en la que se va a realizar la construcción de la nave se encuentra en el Camino Monte Tabor nº 6 de Almudevar en la provincia de Huesca y dispone de una superficie de 1205,59 m^2.

El motivo por el cual la nave no está localizada en la misma plantación se debe a que el promotor dispone de sus almacenes en las proximidades de la nueva nave a dimensionar y desea unificar todos los almacenes de su explotación.

3. Condiciones urbanísticas

La parcela donde se va a realizar la construcción de la nave permanece al término municipal de Almudevar. Son de obligado cumplimiento las normas Subsidiarias Municipales.

La parcela donde está emplazada la nave a dimensionar se encuentra calificada como suelo “Urbano” y se cataloga como zona de almacenaje.

	Norma	Proyecto
Parcela mínima	500 m^2	1205,59 m^2
Ocupación del suelo	80% planta baja 30% resto	48,54 % planta baja -
Volumen máximo	$3m^3/m^2$	$2,09m^3/m^2$
Altura máxima	7,5 m	4,5 m

Tabla 96. Dimensiones del emplazamiento donde se ejecutará el almacén.

4. Construcción y materiales

Para la ejecución de la nave será necesario realizar las siguientes obras:

- Movimientos de tierras.
- Cimentación de hormigón armado.
- Estructura de pilares y jácenas metálicas.
- Cubierta inclinada de chapa.

Dichas obras van a ser descritas ampliamente a continuación.

4.1. Movimiento de tierras

Se realizará la excavación de las zanjas y pozos de cimentación con una retroexcavadora. Las tierras procedentes de la excavación serán trasladadas a un vertedero controlado.

4.2. Cimentación

Previamente al hormigonado de los pozos y zanjas corridas se verterá en el fondo una capa de 10 cm de hormigón de limpieza HM-200.

La cimentación se realizará de hormigón HA-25/B/20/IIa con armadura B-500S, con las dimensiones y armaduras que aparecen en los planos.

En las zapatas se colocarán placas de anclaje de acero S-275 JR donde se soldarán los pilares metálicos.

La solera será de hormigón en masa HM-20/B/20/E de 20 cm de espesor. Bajo el hormigón se rellenará con una capa de zahorra compactada de 20 cm de espesor.

4.3. Estructura

Estructura a base de perfilería metálica de acero S-275 JR. La estructura se formará con pilares tipo IPE-240 y soldados a las placas de anclaje colocadas en la cimentación. Sobre estos pilares se apoyarán las jácenas IPE 270 cobre las que irán apoyadas las correas CF 225×3.0. Para reforzar la estructura, en los vanos de principio y fin de la nave se colocarán unos tirantes R12, tanto en fachada como cubierta.

Se colocarán placas de anclaje en la base y en la coronación de los pilares con las condiciones y características que figuran en los planos.

4.4. Cubierta

La cubierta será inclinada a un agua hacia el interior de la parcela. Se construirá mediante placas de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor.

4.5. Pintura

Se aplicará pintura intumescente a todas las estructuras de acero.

4.6. Normativa

Para la realización del presente proyecto se han tenido en cuenta las normativas vigentes en el día de la fecha, tanto Municipales como Básicas, respecto a la función a desarrollar; destacando las siguientes:

- Norma básica de la edificación NBE-AE/88 “Acciones en la edificación” – R.D: 195/63 (B.O.E.) 9/02/63) y R.D. 1370/88.
- “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos”
- RC-97 R.D. 823/93 (B.O.E. 22/06/93).
- Obligatoriedad de Homologación, de los cementos para la fabricación de hormigones y morteros para todo tipo de obras y productos prefabricados. R.D. 1313/88 (B.O.E. 4/11/88).
- “Instrucción de Hormigón Estructural” EHE R.D. 2661/98.
- Norma básica de la edificación NBE EA-95 “Estructuras de acero en la Edificación”. R.D. 1829/95.
- Pliego General de condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción”, RL-88. O. 27/7/88(B.O.E. 3/8/88).
- Norma NBE FL-90 – “Muros resistentes de fábrica de ladrillo” R.D. 1723/90 (B.O.E: 4/1/91).
- “Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios” – NBE-CPI-96 R.D. 2177/96.

4.7. Seguridad en la obra

Se cumplirá la normativa actual vigente en cuanto a seguridad de obra. Esta permanece mencionada en el Anejo de Seguridad y Salud que engloba a las condiciones de seguridad en toda la obra.

5. Cálculos

5.1. Generador de pórticos

En primer lugar definimos las dimensiones de nuestro pórtico. En nuestro caso se trata de un pórtico rígido a un agua y con inclinación lateral.

El lado izquierdo tendrá dimensiones de 4,5 metros, el derecho de 4,0 metros y una anchura de 6,35 metros.

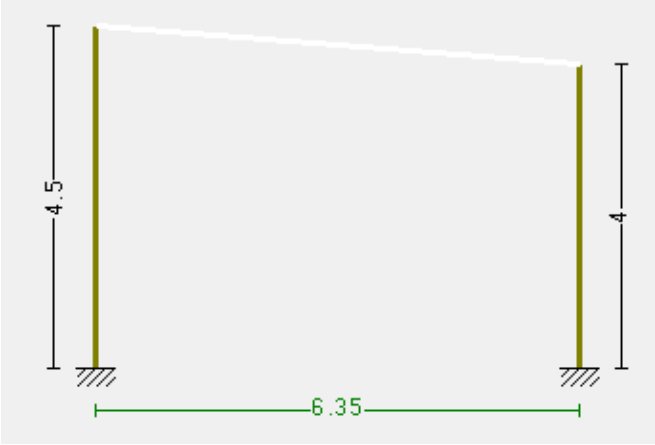


Ilustración 15. Representación gráfica del pórtico a ejecutar.

Una vez definidos estas dimensiones, establecemos los datos generales de la obra donde se establecen los siguientes criterios:

- Número de vanos: 4
- Distancia entre vanos: 5 metros
- Cerramiento en cubierta mediante panel sándwich de 0,25 kg/m^2
- Con sobrecarga por viento según establece el CTE DB SE-AE. Para nuestra zona y para un medio rural tomamos un valor de velocidad básica: 29 m/s.

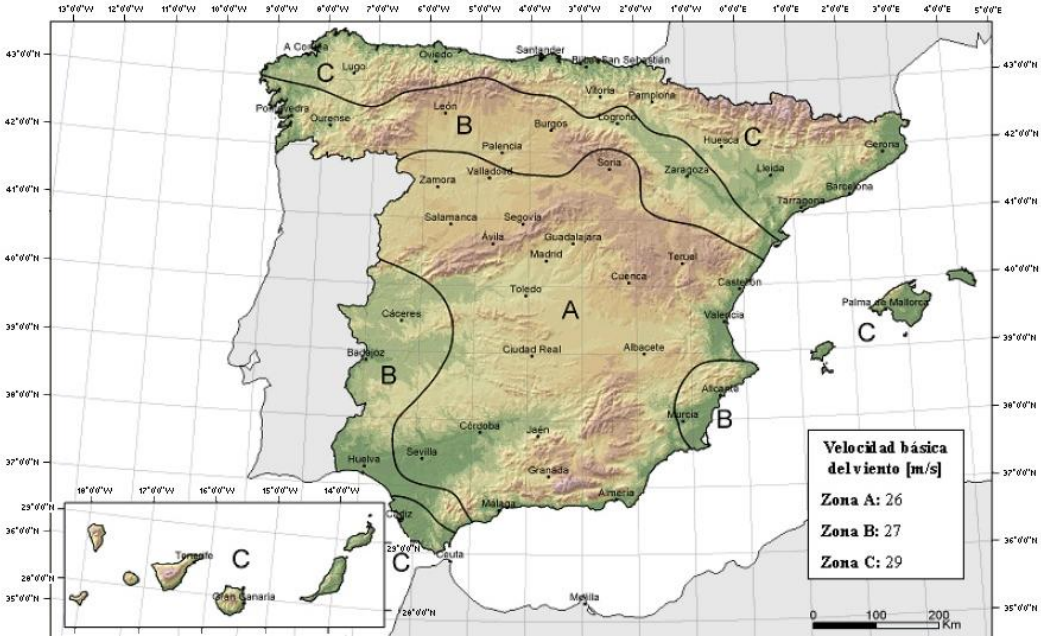


Ilustración 16. Mapa que indica la velocidad del viento asignada en cada zona del mapa de acuerdo al CTE DB SE-AE.

- Las sobrecargas por nieve para el término municipal de Almudevar son las indicadas por el CTE DB SE-AE en la zona 2.

A continuación, se definen las correas en cubierta. Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Límite de flecha: L/300.
- Número de vanos que abarca cada correa: 1.
- Tipo de fijación: rígida.
- Tipo de perfil: CF-225×3.0
- Tipo de acero: S275.

Con estos parámetros, calculamos se calcula la separación de correas que será de 1,5 metros. Con esta separación obtenemos unos valores de tensión del 88,71% y flecha del 86,39%.

De modo que nuestro pórtico tendrá las dimensiones mostradas en la siguiente figura.

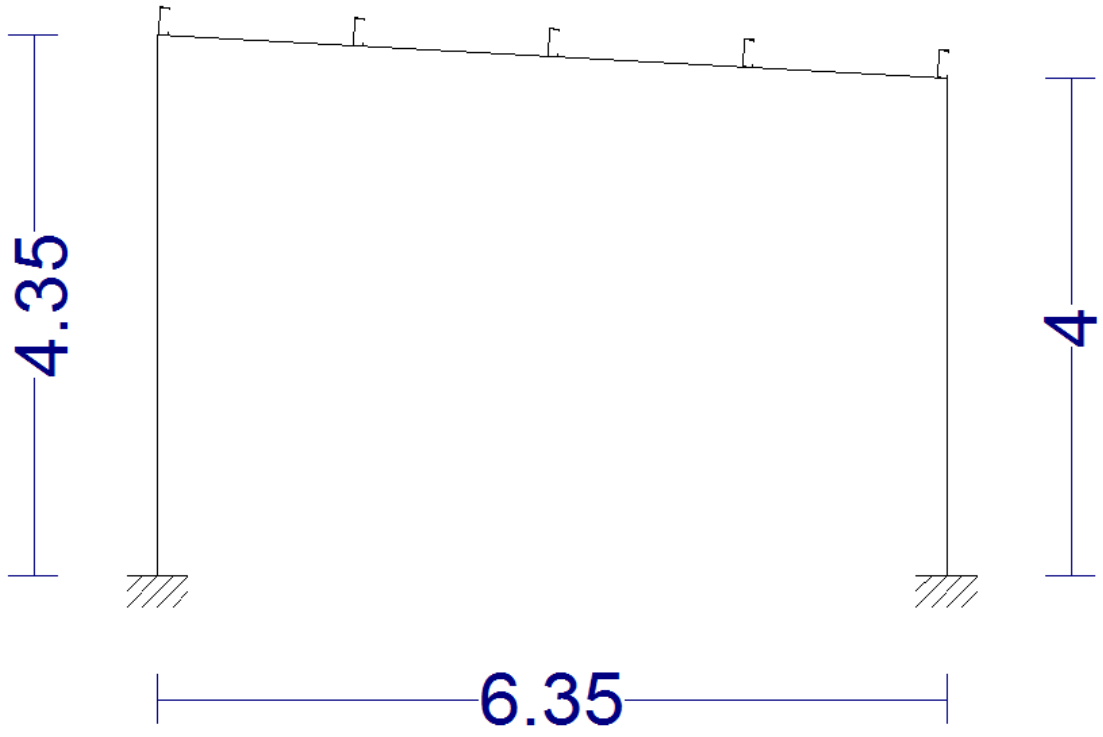


Ilustración 17. Representación gráfica del pórtico a ejecutar.

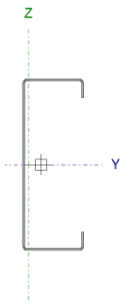
Los cálculos llevados a continuación son las justificaciones de dichos valores:

Comprobación de resistencia de las correas

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 88.71 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: CF-225x3.0
Material: S235



Nudos				Características mecánicas					
Inicial		Final		Longitud (m)	Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_g (3) (mm)	z_g (3) (mm)
5.601, 4.041	0.000,	5.601, 4.041	5.000,	5.000	12.45	952.64	105.97	0.37	-16.23	0.00

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	5.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$		
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 2.5 m η = 88.7	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 16.8	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)		**CUMPLE η = 88.7**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***71.0*** ✓

b / t : ***22.7*** ✓

c / t : ***6.3*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

c / b : *0.279*

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *213.00* mm
b: Ancho de las alas. **b** : *68.00* mm
c: Altura de los rigidizadores. **c** : *19.00* mm
t: Espesor. **t** : *3.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.887*** ✓

Para flexión positiva:

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo 5.601, 0.000, 4.041, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V H2.

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *1.708* t·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *1.925* t·m

Donde:

$\mathbf{W_{eff}}$: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. $\mathbf{W_{eff}}$: *84.39* cm³

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *2395.51* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.168*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 5.601, 0.000, 4.041, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.429* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *8.515* t

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *219.36* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

f_{bv} : *1358.61* kp/cm²

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: *0.85*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *2395.51* kp/cm²

E: Módulo de elasticidad. **E** : *2140672.78* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 86.39 %

Coordenadas del nudo inicial: 5.601, 0.000, 4.041
Coordenadas del nudo final: 5.601, 5.000, 4.041
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V H2 a una distancia 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.
(Iy = 953 cm4) (Iz = 106 cm4)

5.2. Dimensionado de la estructura metálica

Antes de proceder al dimensionado de los perfiles de acero se procede a establecer algunos parámetros:

- Los perfiles tendrán una resistencia al fuego R30 y con pintura intumescente.
- Acero laminado: S275
- Hormigón HA-25 con control estadístico.
- Acero de barras B 500 S con control estadístico.

Una vez definidos estos parámetros iniciales, se procede a definir el tipo de perfil empleado para los pilares, jácenas, correas y tirantes:

- Pilares: IPE 200
- Jácenas: IPE 250
- Correas: CF 225×3.0
- Tirantes: R12

Tras definir estos elementos, se procede a comprobar los esfuerzos por ver si hay que modificar las dimensiones de los mismos. De este modo obtenemos las siguientes medidas:

- Pilares: IPE 240
- Jácenas: IPE 270
- Correas: CF 225×3.0
- Tirantes: R12

Las justificaciones de cálculo de todos los elementos de la estructura metálica vienen mostradas a continuación:

- **1.- ESTRUCTURA**
- **1.1.- Resultados**
- **1.1.1.- Barras**
- ***1.1.1.1.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)***

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.168 m η = 2.6	x: 0 m η = 13.9	x: 4.169 m η = 34.3	x: 4.169 m η = 1.0	η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 48.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 48.1**
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.818 m η = 2.3	x: 0 m η = 11.5	x: 3.819 m η = 21.5	x: 3.819 m η = 1.1	η = 1.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 33.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 33.5**
N4/N25	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.588 m η = 0.2	x: 0.121 m η = 0.3	x: 1.588 m η = 9.7	x: 0.121 m η < 0.1	x: 0.121 m η = 5.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.588 m η = 10.1	η < 0.1	η = 9.0	x: 0.121 m η = 3.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 10.1**
N25/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.596 m η = 0.2	x: 0 m η = 0.3	x: 1.596 m η = 14.2	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 2.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.596 m η = 14.5	η < 0.1	η = 0.7	x: 0 m η = 1.7	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.5**
N23/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.588 m η = 0.2	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 14.2	x: 1.588 m η = 0.1	x: 1.588 m η = 3.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 14.5	η < 0.1	η = 0.7	x: 1.588 m η = 2.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.5**
N21/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.465 m η = 0.2	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 8.5	x: 1.465 m η < 0.1	x: 1.467 m η = 6.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 8.8	η < 0.1	η = 9.0	x: 1.467 m η = 4.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 9.0**
N5/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.168 m η = 4.8	x: 0 m η = 16.6	x: 4.169 m η = 50.8	x: 4.168 m η = 0.3	η = 3.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 53.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 53.3**
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.818 m η = 4.5	x: 0 m η = 13.8	x: 3.819 m η = 29.1	x: 3.818 m η = 0.2	η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 37.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 37.6**
N8/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.237 m η = 0.4	x: 0.121 m η = 1.6	x: 3.18 m η = 18.5	x: 0.121 m η = 0.1	x: 6.239 m η = 9.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.121 m η < 0.1	x: 3.18 m η = 18.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 18.9**
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.168 m η = 4.7	x: 0 m η = 15.4	x: 4.169 m η = 51.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η = 3.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 4.169 m η = 48.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 51.2**
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.818 m η = 4.4	x: 0 m η = 12.8	x: 3.819 m η = 26.8	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η = 1.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 3.819 m η = 35.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 35.3**
N12/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.237 m η = 0.4	x: 0.121 m η = 1.5	x: 3.18 m η = 18.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 6.239 m η = 9.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 3.18 m η = 18.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 18.5**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.168 m η = 4.8	x: 0 m η = 16.6	x: 4.169 m η = 50.8	x: 4.168 m η = 0.3	η = 3.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 53.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 53.3**
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.818 m η = 4.5	x: 0 m η = 13.8	x: 3.819 m η = 29.1	x: 3.818 m η = 0.2	η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 37.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 37.6**
N16/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.237 m η = 0.4	x: 0.121 m η = 1.6	x: 3.18 m η = 18.5	x: 0.121 m η = 0.1	x: 6.239 m η = 9.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.121 m η < 0.1	x: 3.18 m η = 18.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 18.9**
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.168 m η = 2.6	x: 0 m η = 13.9	x: 4.169 m η = 34.3	x: 4.169 m η = 1.0	η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 48.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 48.1**
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.818 m η = 2.3	x: 0 m η = 11.5	x: 3.819 m η = 21.5	x: 3.819 m η = 1.1	η = 1.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 33.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 33.5**
N20/N26	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.588 m η = 0.2	x: 0.121 m η = 0.3	x: 1.588 m η = 9.7	x: 0.121 m η < 0.1	x: 0.121 m η = 5.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.588 m η = 10.1	η < 0.1	η = 9.0	x: 0.121 m η = 3.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 10.1**
N26/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.596 m η = 0.2	x: 0 m η = 0.3	x: 1.596 m η = 14.2	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 2.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.596 m η = 14.5	η < 0.1	η = 0.7	x: 0 m η = 1.7	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.5**
N24/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.588 m η = 0.2	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 14.2	x: 1.588 m η = 0.1	x: 1.588 m η = 3.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 14.5	η < 0.1	η = 0.7	x: 1.588 m η = 2.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.5**
N22/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.465 m η = 0.2	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 8.5	x: 1.465 m η < 0.1	x: 1.467 m η = 6.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 8.8	η < 0.1	η = 9.0	x: 1.467 m η = 4.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 9.0**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N7/N4	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 0.5	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.5**
N3/N8	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 0.8	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.8**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N5/N2	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 0.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 0.4$**
N1/N6	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 1.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 1.1$**
N4/N6	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 0.6$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 0.6$**
N8/N2	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 3.7$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 3.7$**
N19/N16	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 0.8$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 0.8$**
N15/N20	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 0.5$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 0.5$**
N17/N14	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 1.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 1.1$**
N13/N18	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 0.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 0.4$**
N16/N18	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 3.7$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 3.7$**
N20/N14	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 0.6$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 0.6$**

Notación:
- *$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
- *λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_Y: Resistencia a flexión eje Y*
- *M_Z: Resistencia a flexión eje Z*
- *V_Z: Resistencia a corte Z*
- *V_Y: Resistencia a corte Y*
- *M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *M_t: Resistencia a torsión*
- *M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N1/N2	x: 4.168 m η = 1.2	x: 0 m η = 17.6	x: 4.169 m η = 43.9	x: 4.169 m η = 1.6	η = 1.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 60.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 60.8**
N3/N4	x: 3.818 m η = 1.1	x: 0 m η = 14.6	x: 3.819 m η = 28.4	x: 3.819 m η = 1.7	η = 1.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 43.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 43.1**
N4/N25	x: 1.588 m η = 0.1	x: 0.121 m η = 0.4	x: 1.588 m η = 10.7	x: 1.038 m η = 0.1	x: 0.121 m η = 5.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.588 m η = 11.1	η < 0.1	η = 18.1	x: 0.121 m η = 2.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.1**
N25/N23	x: 1.596 m η = 0.1	x: 0 m η = 0.4	x: 1.596 m η = 15.7	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 2.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.596 m η = 16.1	η < 0.1	η = 1.3	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 16.1**
N23/N21	x: 1.588 m η = 0.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 15.7	x: 1.588 m η = 0.2	x: 1.588 m η = 2.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 16.1	η < 0.1	η = 1.3	x: 1.588 m η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 16.1**
N21/N2	x: 1.465 m η = 0.1	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 9.5	x: 1.465 m η = 0.1	x: 1.467 m η = 5.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 9.9	η < 0.1	η = 18.1	x: 1.467 m η = 2.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.1**
N5/N6	x: 4.168 m η = 2.9	x: 0 m η = 18.4	x: 4.169 m η = 53.5	x: 4.169 m η = 0.4	η = 2.2	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 58.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 58.0**
N7/N8	x: 3.818 m η = 2.7	x: 0 m η = 15.3	x: 3.819 m η = 28.3	x: 3.819 m η = 0.4	η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 39.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 39.6**
N8/N6	x: 6.237 m η = 0.3	x: 0.121 m η = 2.1	x: 3.18 m η = 14.5	x: 0.121 m η = 0.1	x: 6.239 m η = 7.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.121 m η < 0.1	x: 3.18 m η = 14.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 14.8**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z V_YV_Z	NM_YM_Z	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N9/N10	x: 4.168 m η = 2.9	x: 0 m η = 17.0	x: 4.169 m η = 53.9	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η = 2.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 4.169 m η = 52.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 53.9**
N11/N12	x: 3.818 m η = 2.7	x: 0 m η = 14.0	x: 3.819 m η = 25.5	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η = 0.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 3.819 m η = 35.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 35.6**
N12/N10	x: 6.237 m η = 0.3	x: 0.121 m η = 1.9	x: 2.874 m η = 14.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 6.239 m η = 7.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 2.874 m η = 14.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 14.4**
N13/N14	x: 4.168 m η = 2.9	x: 0 m η = 18.4	x: 4.169 m η = 53.5	x: 4.169 m η = 0.4	η = 2.2	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 58.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 58.0**
N15/N16	x: 3.818 m η = 2.7	x: 0 m η = 15.3	x: 3.819 m η = 28.3	x: 3.819 m η = 0.4	η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 39.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 39.6**
N16/N14	x: 6.237 m η = 0.3	x: 0.121 m η = 2.1	x: 3.18 m η = 14.5	x: 0.121 m η = 0.1	x: 6.239 m η = 7.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.121 m η < 0.1	x: 3.18 m η = 14.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 14.8**
N17/N18	x: 4.168 m η = 1.2	x: 0 m η = 17.6	x: 4.169 m η = 43.9	x: 4.169 m η = 1.6	η = 1.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.169 m η = 60.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 60.8**
N19/N20	x: 3.818 m η = 1.1	x: 0 m η = 14.6	x: 3.819 m η = 28.4	x: 3.819 m η = 1.7	η = 1.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.819 m η = 43.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 43.1**
N20/N26	x: 1.588 m η = 0.1	x: 0.121 m η = 0.4	x: 1.588 m η = 10.7	x: 1.038 m η = 0.1	x: 0.121 m η = 5.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.588 m η = 11.1	η < 0.1	η = 18.1	x: 0.121 m η = 2.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.1**
N26/N24	x: 1.596 m η = 0.1	x: 0 m η = 0.4	x: 1.596 m η = 15.7	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 2.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.596 m η = 16.1	η < 0.1	η = 1.3	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 16.1**
N24/N22	x: 1.588 m η = 0.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 15.7	x: 1.588 m η = 0.2	x: 1.588 m η = 2.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 16.1	η < 0.1	η = 1.3	x: 1.588 m η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 16.1**
N22/N18	x: 1.465 m η = 0.1	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 9.5	x: 1.465 m η = 0.1	x: 1.467 m η = 5.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 9.9	η < 0.1	η = 18.1	x: 1.467 m η = 2.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.1**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N7/N4	η = 0.4	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.4**
N3/N8	η = 0.7	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.7**
N5/N2	η = 0.2	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.2**
N1/N6	η = 1.0	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 1.0**
N4/N6	η = 0.4	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.4**
N8/N2	η = 4.3	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 4.3**
N19/N16	η = 0.7	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.7**
N15/N20	η = 0.4	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.4**
N17/N14	η = 1.0	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 1.0**
N13/N18	η = 0.2	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.2**
N16/N18	η = 4.3	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 4.3**
N20/N14	η = 0.4	N_{Ed} = 0.00 N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 0.4**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:

N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

•

•

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N2/N6	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(1)	η = 1.3	x: 5 m η = 2.3	x: 0 m η = 0.6	x: 5 m η = 2.9	η < 0.1	x: 5 m η = 0.5	N.P.(2)	x: 5 m η = 9.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 9.8**
N6/N10	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.9	x: 0 m η = 2.1	x: 5 m η = 0.3	x: 0 m η = 2.4	η < 0.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 2.1	x: 0 m η = 7.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 7.8**
N10/N14	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η < 0.1	η = 0.9	x: 5 m η = 2.1	x: 0 m η = 0.3	x: 5 m η = 2.4	η < 0.1	x: 5 m η = 0.4	x: 5 m η = 2.1	x: 5 m η = 7.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 7.8**
N14/N18	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(1)	η = 1.3	x: 0 m η = 2.3	x: 5 m η = 0.6	x: 0 m η = 2.9	η < 0.1	x: 0 m η = 0.5	N.P.(2)	x: 0 m η = 9.8	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 9.8**
N4/N8	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(1)	η = 0.3	x: 5 m η = 2.3	x: 0 m η = 0.7	x: 5 m η = 2.9	η < 0.1	x: 5 m η = 0.5	N.P.(2)	x: 5 m η = 7.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 7.5**
N8/N12	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η = 0.3	η = 0.3	x: 0 m η = 2.0	x: 5 m η = 0.3	x: 0 m η = 2.3	η < 0.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 2.4	x: 0 m η = 5.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 5.7**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N12/N16	b / t ≤ (b / t)$_{Máx.}$ Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η = 0.3	η = 0.3	x: 5 m η = 2.0	x: 0 m η = 0.3	x: 5 m η = 2.3	η < 0.1	x: 5 m η = 0.4	x: 5 m η = 2.4	x: 5 m η = 5.7	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 5.7**
N16/N20	b / t ≤ (b / t)$_{Máx.}$ Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N.P.(1)	η = 0.3	x: 0 m η = 2.3	x: 5 m η = 0.7	x: 0 m η = 2.9	η < 0.1	x: 0 m η = 0.5	N.P.(2)	x: 0 m η = 7.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 7.5**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(6) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Errores:
- *(1) Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la barra es mayor que la esbeltez límite.*
-

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N2/N6	N.P.(1)	η = 0.6	x: 5 m η = 2.2	x: 0 m η = 0.3	x: 5 m η = 2.5	η < 0.1	x: 5 m η = 0.5	N.P.(2)	x: 5 m η = 7.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 7.5**
N6/N10	N.P.(1)	η = 0.5	x: 0 m η = 2.0	x: 5 m η = 0.2	x: 0 m η = 2.1	η < 0.1	x: 0 m η = 0.4	N.P.(2)	x: 0 m η = 6.2	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 6.2**
N10/N14	N.P.(1)	η = 0.5	x: 5 m η = 2.0	x: 0 m η = 0.2	x: 5 m η = 2.1	η < 0.1	x: 5 m η = 0.4	N.P.(2)	x: 5 m η = 6.2	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 6.2**
N14/N18	N.P.(1)	η = 0.6	x: 0 m η = 2.2	x: 5 m η = 0.3	x: 0 m η = 2.5	η < 0.1	x: 0 m η = 0.5	N.P.(2)	x: 0 m η = 7.5	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 7.5**
N4/N8	N.P.(1)	η = 0.2	x: 5 m η = 2.2	x: 0 m η = 0.3	x: 5 m η = 2.5	η < 0.1	x: 5 m η = 0.5	N.P.(2)	x: 5 m η = 6.3	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 6.3**
N8/N12	η = 0.1	η = 0.2	x: 0 m η = 1.9	x: 5 m η = 0.2	x: 0 m η = 2.1	η < 0.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 2.1	x: 0 m η = 5.0	η < 0.1	N.P.(3)	**CUMPLE η = 5.0**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N12/N16	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 5 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 5 m $\eta = 2.1$	$\eta < 0.1$	x: 5 m $\eta = 0.4$	x: 5 m $\eta = 2.1$	x: 5 m $\eta = 5.0$	$\eta < 0.1$	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 5.0$**
N16/N20	N.P.(1)	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 2.2$	x: 5 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 2.5$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.5$	N.P.(2)	x: 0 m $\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 6.3$**
N21/N22	N.P.(1)	$\eta = 0.7$	x: 10 m $\eta = 31.4$	$\eta = 0.6$	x: 10 m $\eta = 32.0$	N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 1.5$	N.P.(2)	x: 10 m $\eta = 43.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 43.1$**
N23/N24	$\eta < 0.1$	N.P.(5)	x: 10 m $\eta = 33.0$	$\eta = 0.6$	x: 10 m $\eta = 33.7$	N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 10 m $\eta = 33.7$	N.P.(6)	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 33.7$**
N25/N26	$\eta < 0.1$	N.P.(5)	x: 10 m $\eta = 31.4$	$\eta = 0.6$	x: 10 m $\eta = 32.0$	N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 10 m $\eta = 32.0$	N.P.(6)	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 32.0$**

Notación:

N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(6) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

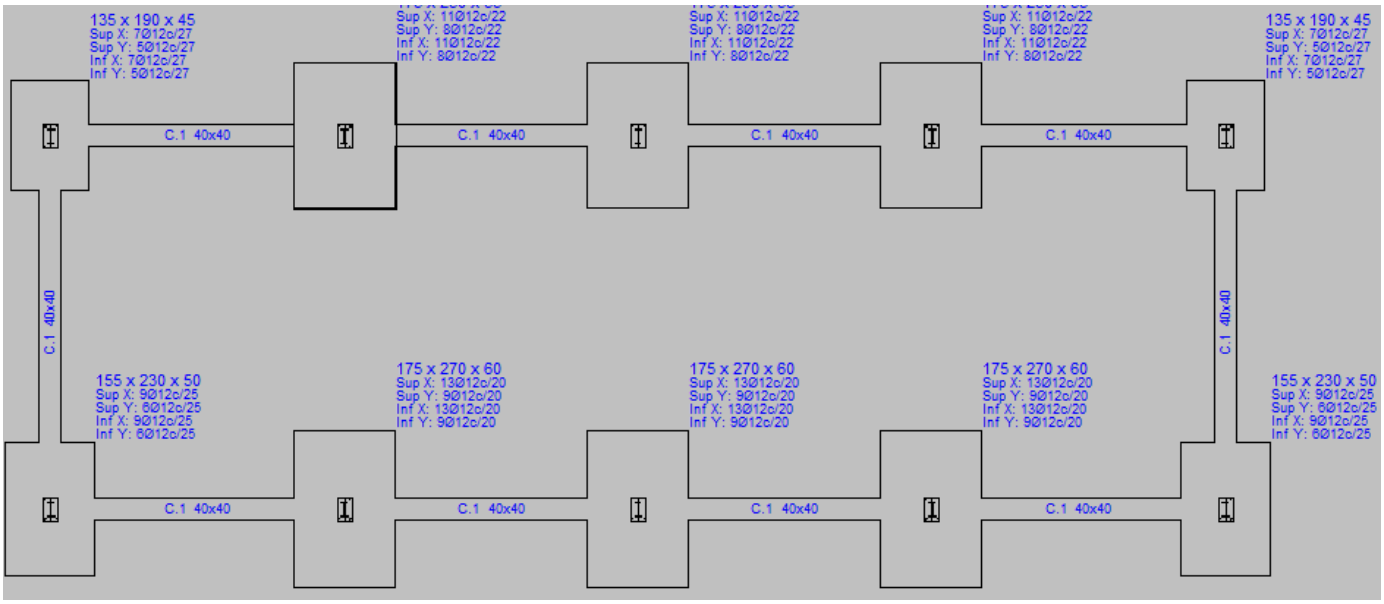
5.3. Cimentación

Para la cimentación de la nave se toma la decisión de utilizar zapatas rectangulares centradas y con malla de armado, unidas mediante vigas de atado.

Las dimensiones de estos elementos son las siguientes:

- Viga de atado: C.1 40×40
- Zapata 1 y 5: 135×190×45
- Zapata 2, 3 y 4: 175×250×55
- Zapata 6 y 10: 155×230×50
- Zapata 7, 8 y 9: 175×270×60

En la siguiente imagen podemos ver una imagen donde se puede observar la zapata escogida para cada pilar:



Las justificaciones de cálculo de todos los elementos de cimentación vienen detallados a continuación, tanto las zapatas como las vigas de atado:

1.- CIMENTACIÓN

1.1.- Elementos de cimentación aislados

1.1.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N3 y N19	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 135.0 cm Ancho zapata Y: 190.0 cm Canto: 45.0 cm	Sup X: 7Ø12c/27 Sup Y: 5Ø12c/27 Inf X: 7Ø12c/27 Inf Y: 5Ø12c/27
N7, N11 y N15	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 175.0 cm Ancho zapata Y: 250.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 11Ø12c/22 Sup Y: 8Ø12c/22 Inf X: 11Ø12c/22 Inf Y: 8Ø12c/22
N17 y N1	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 155.0 cm Ancho zapata Y: 230.0 cm Canto: 50.0 cm	Sup X: 9Ø12c/25 Sup Y: 6Ø12c/25 Inf X: 9Ø12c/25 Inf Y: 6Ø12c/25
N13, N9 y N5	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 175.0 cm Ancho zapata Y: 270.0 cm Canto: 60.0 cm	Sup X: 13Ø12c/20 Sup Y: 9Ø12c/20 Inf X: 13Ø12c/20 Inf Y: 9Ø12c/20

1.1.2.- Comprobación

Referencia: N3
Dimensiones: 135 x 190 x 45
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27

Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.211 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.188 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.269 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 15577.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 206.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.46 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.83 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.54 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.10 t	Cumple

Referencia: N3 Dimensiones: 135 x 190 x 45 Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.26 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N3:	Mínimo: 35 cm Calculado: 38 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 37 cm	Cumple

Referencia: N3 Dimensiones: 135 x 190 x 45 Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 37 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 37 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 37 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N7 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.211 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.195 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.246 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 21075.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 88.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -0.86 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -1.42 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.83 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.45 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.86 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N7:	Mínimo: 35 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple

Referencia: N7 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 59 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N11 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		

Referencia: N11 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.206 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.194 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.239 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X [1] - En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* [1] *Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 158.2 %	No procede Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: -0.84 t·m Momento: -1.38 t·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 0.81 t Cortante: 1.42 t	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.67 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N11:	Mínimo: 35 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros* - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.0018 Calculado: 0.0019 Calculado: 0.0019	Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98* - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)* - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple

Referencia: N11 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 59 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N15 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.211 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.195 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.246 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 21075.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 88.2 %	Cumple

Referencia: N15 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -0.86 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -1.42 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.83 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.45 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.86 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N15:	Mínimo: 35 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple

Referencia: N15 Dimensiones: 175 x 250 x 55 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 59 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 59 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N19 Dimensiones: 135 x 190 x 45 Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.211 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.188 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.269 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 15577.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 206.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.46 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.83 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.54 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.10 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.26 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 45 cm	Cumple

Referencia: N19 Dimensiones: 135 x 190 x 45 Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N19:	Mínimo: 35 cm Calculado: 38 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
Criterio de CYPE Ingenieros	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 37 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 37 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 37 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 37 cm	Cumple

Referencia: N19 Dimensiones: 135 x 190 x 45 Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N17 Dimensiones: 155 x 230 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
Criterio de CYPE Ingenieros		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.198 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.179 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.276 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata:		
Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 36941.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 45.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.58 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.41 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.61 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.64 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 7.64 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N17:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
Criterio de CYPE Ingenieros	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0018	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0018	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple

Referencia: N17 Dimensiones: 155 x 230 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 53 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N13 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.22 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.204 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.28 kp/cm²	Cumple

Referencia: N13 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 54913.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 11.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -0.90 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -2.22 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.72 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 2.11 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.44 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N13:	Mínimo: 35 cm Calculado: 53 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: N13 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 65 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N9 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.216 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.204 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.272 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X [1]		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* [1] *Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 10.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -0.89 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -2.24 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.72 t	Cumple

Referencia: N9 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 2.13 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.38 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N9:	Mínimo: 35 cm Calculado: 53 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple

Referencia: N9 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 65 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N5 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.22 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.204 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.28 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 54913.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 11.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -0.90 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -2.22 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.72 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 2.11 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 8.44 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N5:	Mínimo: 35 cm Calculado: 53 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple

Referencia: N5 Dimensiones: 175 x 270 x 60 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 65 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N1 Dimensiones: 155 x 230 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		

Referencia: N1 Dimensiones: 155 x 230 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 0.198 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.179 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 0.276 kp/cm²	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 36941.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 45.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.58 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.41 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.61 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.64 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 7.64 t/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N1:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0018	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0018	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	

Referencia: N1 Dimensiones: 155 x 230 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 53 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

1.2.- Vigas

1.2.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C [N3-N7], C [N7-N11], C [N11-N15], C [N15-N19], C [N17-N13], C [N13-N9], C [N9-N5] y C [N5-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N19-N17] y C [N3-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

1.2.2.- Comprobación

Referencia: C.1 [N3-N7] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N3-N7] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N7-N11] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N11-N15] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple

Referencia: C.1 [N11-N15] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: C.1 [N15-N19] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: C.1 [N19-N17] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia: C.1 [N19-N17] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N17-N13] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N13-N9] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: C.1 [N9-N5] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: C.1 [N5-N1] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple

Referencia: C.1 [N5-N1] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N3-N1] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Finalmente, se detalla una imagen en 3D donde se pueden apreciar todos los elementos de la construcción:

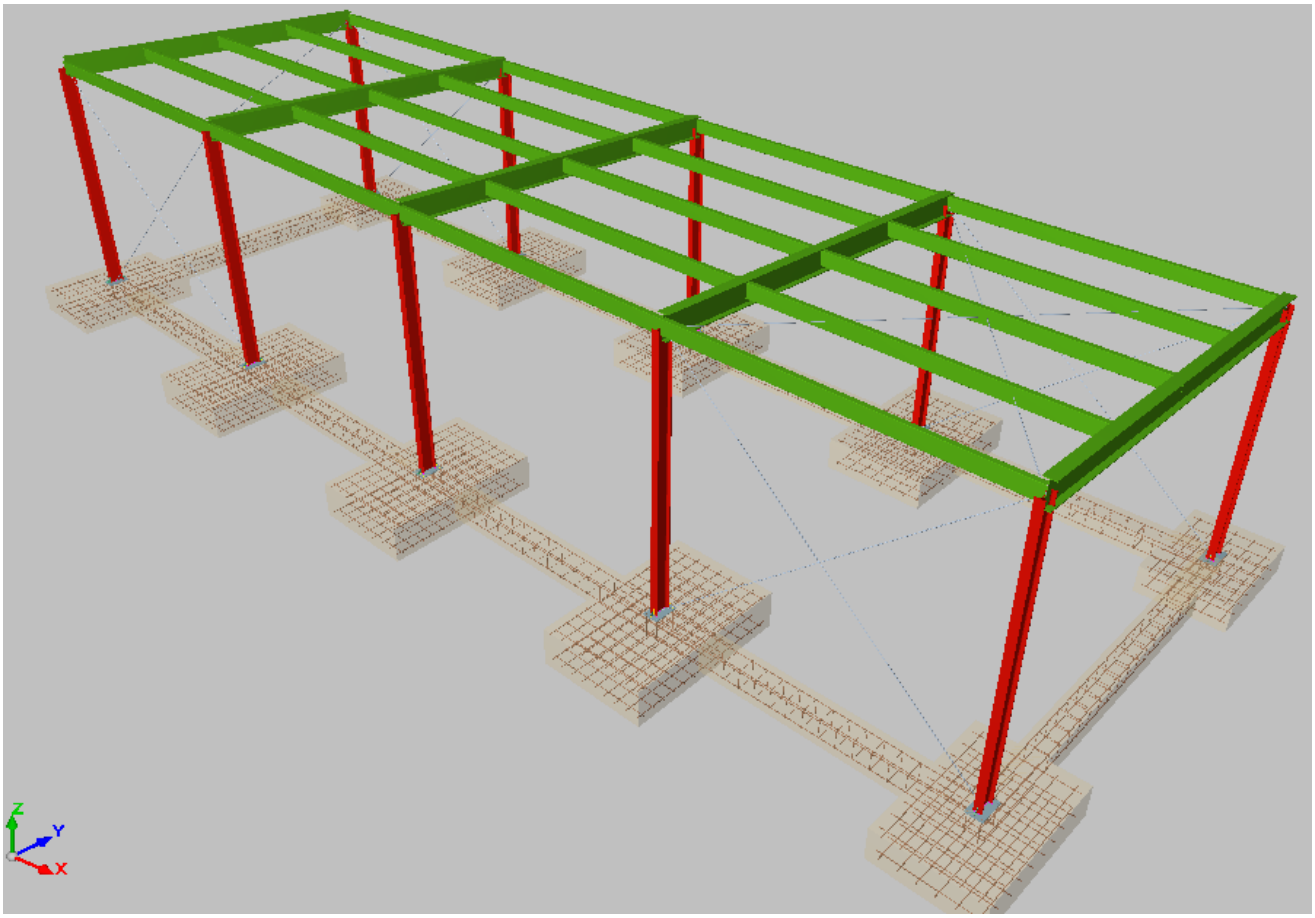


Ilustración 18. Imagen en 3D de la estructura metálica y las zapatas.

Anejo 12: Mercado de la almendra

1. Introducción

El proveedor internacional se tiene que adoptar a los cambios en el tiempo para ser competitivo. Para ello, necesita por un lado gestionar adecuadamente la innovación tecnológica y, por otro, captar la evolución de los distintos tipos de consumidores. La demanda moderna se caracteriza no solo por el aumento de la clase media mundial sino también por nuevos estilos de vida. Ambos procesos convergen en una mayor propensión al consumo de alimentos saludables como la almendra.

El aumento de la demanda mundial de almendras se debe, en primer lugar, al mayor consumo de tentempiés entre comidas y como merienda, pero también interviene el aumento del consumo como ingrediente en otros preparados.

En relación al comercio mundial de almendras, el escenario 2016/2017 presenta un ajuste de precios con respecto a la campaña anterior. El valor de la anterior campaña fue atípicamente alto originado por una disminución de la producción de un gran productor de almendras como es California a causa de la sequía. Pero cabe esperar un aumento de producción en los últimos años que estabilice el precio de la almendra a precios más razonables.

2. Mercado Internacional

Los principales países vinculados con el comercio internacional entre 2010/2011 y 2015/2016 representados en la tabla 97, representan el 54% del volumen mundial de producción y el 70% del comercio mundial, según datos de FAO/Stat. Los países con mayor crecimiento productivo en el periodo analizado son Estados Unidos, Australia, Chile y China. La Unión Europea resulta la región con mayor consumo, seguida de Estados Unidos, India, China y Emiratos Árabes. Tal como se indica en la tabla 98.

Para la cosecha 2016/2017, se espera un descenso de precios a niveles del año 2014/2015 aunque el mercado siga con una demanda firme vinculada a lo saludable del producto.

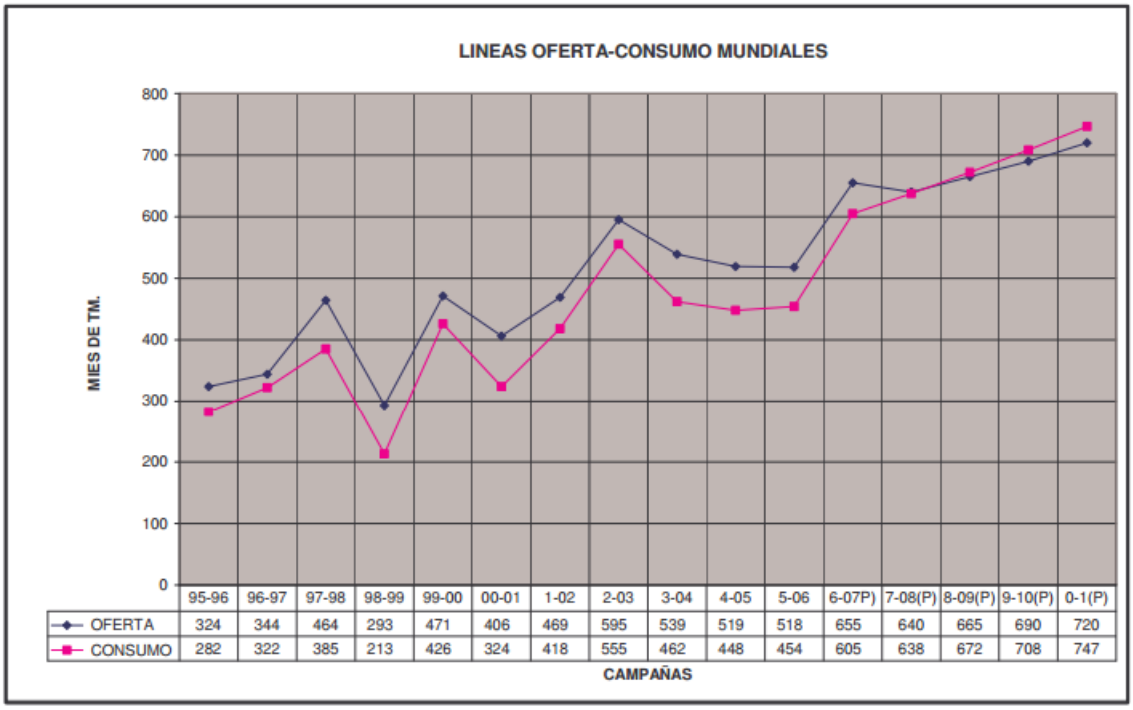
Región/País	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
USA	743.891	920.793	857.290	911.720	848.220	816.470
Unión Europea	93.000	83.100	83.100	58.800	79.700	85.000
Australia	37.600	49.600	73.400	65.100	75.000	82.000
Turquía	14.000	16.000	17.000	18.000	13.000	14.000
Chile	9.000	9.100	8.300	3.900	11.000	12.000
Cina	2.500	4.000	5.000	7.000	9.500	10.000
India	1.200	1.100	1.200	1.100	1.200	1.100

Tabla 97. Principales países productores (Tm) en el periodo de tiempo comprendido entre las campañas 2010/2011 - 2015/2016 (Valenciano, 2016).

Región/País	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
Unión Europea	305.800	300.100	299.300	323.800	308.300	310.000
USA	239.156	275.201	302.234	305.624	275.059	290.000
India	54.200	47.100	60.700	53.400	61.500	80.200
China	48.200	96.700	93.100	67.700	57.800	75.00
Emiratos Árabes	42.600	55.300	43.600	54.900	61.300	65.000
Canadá	27.600	28.400	31.200	33.700	35.000	36.000
Turquía	27.600	36.600	29.300	33.200	30.800	29.000
Japón	14.200	20.300	21.300	25.800	25.900	27.000
Australia	16.300	23.400	24.700	20.800	21.000	23.000

Tabla 98. Principales países consumidores (Tm) en el periodo de tiempo comprendido entre las campañas 2010/2011 - 2015/2016 (Valenciano, 2016).

En la tabla 98, podemos observar claramente el aumento del consumo de almendra que se ha visto acompañado por un aumento de la producción que se ve reflejada en la tabla 97. Estos datos han sido relacionados y analizados en la Gráfica 8.



Gráfica 8. Evolución de la oferta y consumo mundial en el periodo de tiempo comprendido entre las campañas 1995/1996 - 2010/2011 (Vargas, 2014).

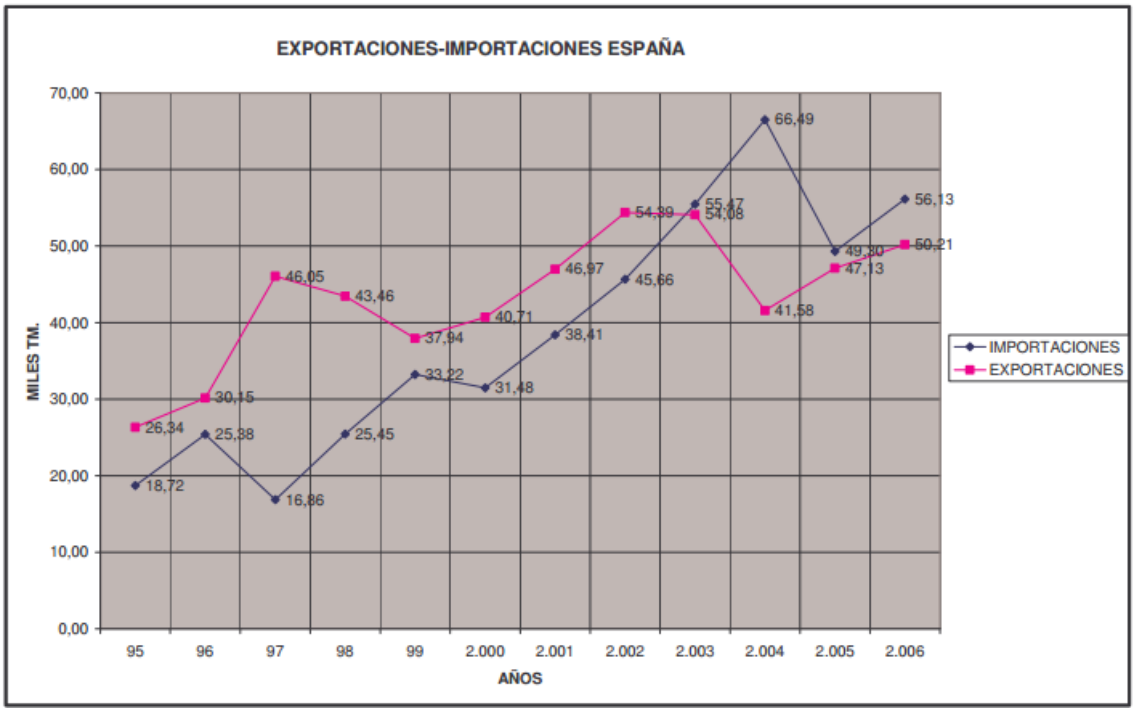
A continuación se ofrece una representación (Gráfica 2) donde de puede observar la producción mundial de almendra en grano para el año 2015.

PAIS	TONELADAS	%
USA	859.545	79
Australia	85-500	7
España	65.957	6
Otros	78.500	8
Total	1.084.502	

Gráfica 9. Producción mundial de almendra en grano para el año 2015 (Fuente: INC).

3. Mercado nacional

España es el primer país mundial en superficie (432.630 hectáreas en 2014/15) mientras que se posiciona como el segundo exportador internacional con el 10,27% de la cuota mundial. La tendencia en cuanto a su participación es estable, con un crecimiento del 3,1% de sus ventas externas del mismo orden que el aumento del 3% del comercio mundial.



Gráfica 10. Volumen (Tm) de las exportaciones e importaciones de almendras producidas por España en el periodo de tiempo comprendido entre las campañas 1995 y 2006 (Vargas, 2014).

En España las plantaciones se suelen encontrar en zonas marginales, sin riego. Esto influye fuertemente en el rendimiento, ya que se obtiene producciones de 150 a 200 Kg/ha, esto explica que a pesar de ser el país con mayor superficie plantado no seamos el país con mayores producciones de almendra.

La principal región de cultivo es Andalucía (110.045 hectáreas), siguiéndole en relevancia Murcia (69.000 hectáreas), Aragón (66.976 hectáreas), Castilla La Mancha (57.637 hectáreas), Valencia (55.000 hectáreas) y Cataluña (39.860 hectáreas). En Andalucía, así como en Castilla La Mancha y Alicante se están impulsando nuevas plantaciones a causa de los buenos precios actuales.

Los principales mercados externos son Alemania, Italia y Francia siguiendo luego en orden de importancia las ventas al Reino Unido, Estados Unidos, Bélgica, Pises Bajos, Suiza, Grecia, Polonia, etc.

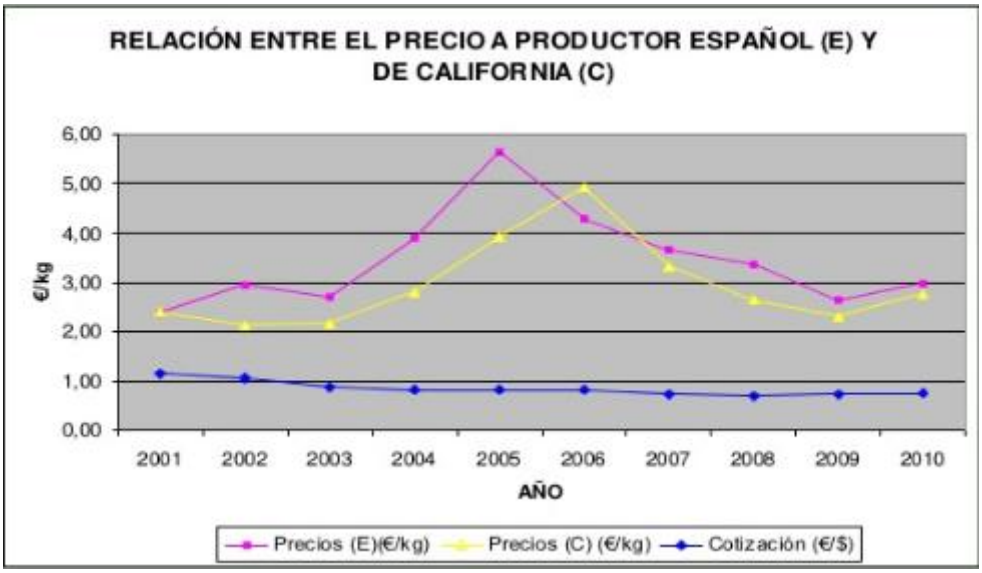
Los valores mayores del ICCE (Índice de competitividad de comercio exterior) lo presenta el comercio con Estados Unidos (en fuerte disputa con el aumento que presenta Australia lo que explica la merma de cuota de mercado sufrida en ese país). También destacan en niveles importantes de competitividad en Grecia, Francia, Suiza, Polonia, Reino Unido y Australia. En todos estos casos, la cuota de mercado es entre 2,19 y 2,9 veces mayor que la participación en el contexto internacional (10,27%).

Cabe destacar algunas peculiaridades del modelo productivo español que invitan a reflexionar:

- España no es sólo el primer país por el número de hectáreas plantadas, sino que es importador neto de almendras, debido a la coexistencia de un consumo directo tradicional y un consumo industrial en auge.
- Destaca el boom de creación de nuevas plantaciones originado por el actual incremento de precios de venta de la almendra, lo cual generará un aumento considerable del volumen de almendras nacional producido.

4. Comercialización

Si analizamos la relación entre el precio al productor Español (E) y de California (C) tal como se muestra en la Gráfica 4, podemos observar como el precio percibido por el productor español de almendra ha sido ligeramente superior al precio percibido por el productor californiano en el periodo 2001-2010 a excepción del año 2006.
El precio medio percibido generalmente por el productor español ha sido de 2,5 euros/kg, alcanzando un pico de 5,5 euros/kilo en la campaña del año 2005.
La almendra española posee unas calidades muy superiores a la estadounidense y es más apreciada en los mercados internacionales por lo que este hecho se ve reflejado en el precio final percibido por el productor español. Sin embargo, al ser California quién marca las cotizaciones a nivel mundial, presiona los precios de nuestras almendras a la baja.



Gráfica 11. Relación entre el precio en pepita al productor español (E) y de California (C) en el periodo de tiempo comprendido entre las campañas 2001 – 2010 (Vargas, 2014).

El precio percibido por diferentes partidas de almendras no es el mismo ya que la pepita se clasifica de acuerdo al daño y al nivel de partido, aunque también es evaluada tanto en función de su peso y rendimiento del grano como por la calidad que ofrezca en virtud de su calibre, forma y sabor del fruto.
El producto comercializado va dirigido principalmente a la industria del chocolate, de la bombonería, pastelería fina y la cosmética. Las diferentes industrias utilizan los subproductos que se extraen de ella para la elaboración de turrones, peladillas, garrapiñadas, dulces de confitería, almendras saladas, chocolates con almendras, jarabes de almendras, aceite de almendras, jabones, cremas de tocador y leche de almendras.

4.1. Categorías comerciales

El sector de la almendra en España posee unos criterios marcados para definir la calidad y su respectivo valor de las diferentes partidas de almendra, para ello los criterios establecidos son los siguientes:

- La partida tiene que estar limpia, seca y sana.
- Debe ir sin mezclas entre variedades, permitiéndose un porcentaje de tolerancia.
- La humedad de la almendra nueva tiene que tener un 6,75% y la vieja un 6%.

- En las partidas de almendra en grano se valora el porcentaje de: humedad, materias extrañas, trozos, mezclas y por ultimo pinchazos y trozos.
- Al igual que en las partidas de almendra con cáscara se toman muestras para analizar la partida y se penalizará en función del cumplimiento de cada aspecto valorado y además se establecerán unos gastos por secado y triado.

Se distinguirá entre tres tipos comerciales de almendra en función de la variedad de la misma por ser decisivo en la formación del precio, estas son: *Comuna*, *Largueta* y *Marcona*. Estas dos variedades cotizan a un precio superior que la comuna, aunque esta diferenciación cada vez es menor.
Cabe destacar que en numerosos mercados, la variedad Largueta se considera con las mismas propiedades que la variedad *Soleta*, sucediendo lo mismo entre la variedad *Marcona* y *Belona*.
En la tabla 3 mostrada a continuación se puede observar la diferenciación en precio de compra que otorga la Sociedad Agropecuaria Guissona a sus clientes para la campaña de verano – otoño del 2016.

Variedad	Precio de compra grano	Rendimiento
Almendra común	5,95	19%
Largueta extra	8,2	23%
Marcona	8,7	22%
Largueta	7,6	23%

Tabla 99. Cuadro de precios de compra para las diferentes variedades de almendra aportado por la Sociedad Agropecuaria Guissona a sus clientes en la campaña de verano-otoño 2016.

5. Usos

5.1. Alimentación

La almendra básicamente tiene tres destinos finales en cuanto a alimentación:

- Consumo en el hogar.
- Consumo en la restauración.
- Uso industrial, como ingrediente para la elaboración de otros productos.

Como se ha mencionado anteriormente, las almendras serán comercializadas con diferentes precios en función de numerosos aspectos, pero para el caso de la alimentación, principalmente se tienen en cuenta criterios nutricionales y de forma de la pepita.
Por estos motivos, las variedades de almendra *Marcona* y *Belona* poseen un distintivo en precio respecto a las variedades comunas debido a los buenos contenidos nutricionales de estas variedades de almendra tal como se muestra en la tabla 4.

Variedad	Proteína (% peso total)	Aceite (% peso total)	Ácido oleico (% aceite)	α-tocoferol (mg/kg aceite)	Tocoferol total (mg/kg aceite)
Marcona	23,8	59,7	71,3	463,3	500,5
Largueta	24,5	58,9	72,2	304,3	336,2
Belona	16,4	65,4	75,6	418,4	455,6
Soleta	20,0	61,8	69,2	214,0	242,3

Tabla 100. Composición química de las nuevas variedades del CITA ("*Soleta*" y "*Belona*") en comparación con variedades de alto interés nutricional ("*Marcona*" y"*Desmayo Largueta*") (CITA, 2015).

Aunque las almendras son relativamente ricas en grasas, la mayoría de estas grasas son no saturadas (60% grasas monosaturadas), las cuales producen beneficios saludables para nuestro organismo y nos ayudan a disminuir los niveles de colesterol total y revenir enfermedades cardiovasculares.
Por otro lado, las variedades de almendra *Largueta* y *Soleta* poseen un distintivo en precio respecto a las variedades comunas debido a la morfología plana y alargada de dichas pepitas que les confieren unas propiedades apreciadas por la industria.

5.2. Salud y belleza.

En el sector de los cosméticos resulta de gran interés el aceite de almendras. El aceite de almendras posee propiedades antioxidantes y un gran valor nutritivo tanto en riqueza de ácidos grasos esenciales como de vitaminas A, B, D y E. Se ha utilizado desde la antigüedad para el cuidado de la piel y es un producto que normalmente se encuentra en diferentes cosméticos y productos de belleza. Se trata de un aceite muy útil para tratar la sequedad y aportar hidratación, así como para nutrir el cabello y las uñas.

5.3. Uso energético.

Algunos subproductos de la almendra son usados en la industria energética, es el caso de la cáscara de almendra debido a su elevado poder calorífico.
De este modo, la cáscara de almendra procedente del proceso de descascarado es empleada para obtener biomasa principalmente en calderas de calefacción. Se trata de una salida muy útil a este subproducto generado en el descascarado ya que anteriormente era considerado como un residuo y debido a la creciente preocupación por disminuir la utilización de combustibles fósiles, este subproducto ha tomado un mayor protagonismo como elemento energético.

Anejo 13: Necesidades del proceso productivo

1. Necesidades durante el proceso productivo

1.1. Maquinaria

1.1.1. Maquinaria empleada durante el proceso productivo

Dado a que el promotor de la plantación dispone de una explotación agrícola cerealista, dispone de gran parte de la maquinaria que se empleará tanto durante las labores preparatorias del terreno como durante la explotación de la misma.

Toda aquella maquinaria de la que no disponga el promotor será alquilada o comprada según las necesidades y coste de esta.

A continuación, en la siguiente tabla se expone la maquinaria que dispone el promotor y cual será alquilada o comprada:

TIPO DE MAQUINARIA	PROPIEDAD	ALQUILADA	COMPRADA
Tractor 180 CV	X		
Tractor 115 CV	X		
Subsolador	X		
Rulo 6 metros	X		
Machacadora de piedras	X		
Picadora	X		
Plantadora		X	
Tijeras de podar eléctricas		X	
Tijera de poda extensible eléctrica		X	
Motosierra telescópica		X	
Atomizador 2000 litros			X
Barra herbicida 1 metro			X
Cosechadora almendras		X	
Pala + remolque	X		

El precio de la compra adquirida ha sido el siguiente:

MÁQUINA	CANTIDAD	P.V.P. (€)
Atomizador 2000 litros	1	9.767
Barra herbicida 1 metro	1	3.567

1.1.2. Descripción de las actividades del proceso productivo

En este apartado describiremos con detalle las actividades llevadas a cabo durante la ejecución y explotación de la plantación para así poder estudiar con detalle el coste de estas.

a) Preparación de la plantación.

Subsolado

	Cantidad (ha)	(€/ha)
Tractor 180 CV + Subsolador	21,67	50

Machacado de piedras

	Cantidad (ha)	(€/ha)
Tractor 180 CV + Machacadora de piedras	21,67	100

Rulado

	Cantidad (ha)	(€/ha)
Tractor 115 CV + rulo	21,67	35

Plantación

	Cantidad (ha)	(€/ha)
Plantadora	21,67	250

b) Explotación de la plantación.

Tratamientos fitosanitarios (arboles)

	Cantidad	Tiempo
Tractor 115 CV	1	0,5 horas/ha
Atomizador	1	0,5 horas/ha
Gasoil	20litros/hora	-

Tratamientos fitosanitarios (suelo)

	Cantidad	Tiempo
Tractor 115 CV	1	0,4 horas/ha
Barra herbicida 1 metro	1	0,4 horas/ha
Gasoil	20 litros/hora	-

Poda de formación

	Cantidad	Tiempo
Tijera de podar eléctrica	1/operario	10 horas/ha = 1,5 min/árbol

Poda de producción

	Cantidad	Tiempo
Tijera de podar extensible eléctrica	1/operario	8 horas/ha = 1 min/árbol

Poda de rejuvenecimiento

	Cantidad	Tiempo
Motosierra telescópica	1/operario	12horas/ha = 1,75 min/árbol

Mantenimiento de la cubierta vegetal

	Cantidad	Tiempo
Tractor 115 CV	1	0,3 horas/ha
Picadora	1	0,3 horas/ha

Recolección

	Cantidad (ha)	(€/ha)
Cosechadora	21,67	300

1.2. Productos

Los productos empleados durante el proceso productivo han sido descritos en sus respectivos Anejos y se van a analizar con mayor detalle en el apartado de Análisis del proceso productivo de este mismo Anejo.
Los productos empleados son: Productos fitosanitarios, abonos y plásticos protectores.

1.3. Personal

Dicha explotación será manejada por el promotor de la misma pero se precisará de la contratación de personal eventualmente para las tareas de poda.

El promotor permanece dado de alta en régimen de autónomo y dedica su actividad a manejar su explotación agrícola cerealista y complementará esta actividad con el manejo de la presente plantación que se está proyectando.

TIPO DE PERSONAL	CANTIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD
PERSONAL ESPECIALIZADO	1	COMPLETA
PEÓN EVENTUAL	3	TEMPORAL

los peones eventuales se trata de una cuadrilla de poda que será contratada únicamente para dicha actividad y dependiendo del tipo de poda llevado a cabo en la explotación se precisará en mayor o menor medida de ellos.

2. Análisis del proceso productivo

A la hora de establecer los costes es muy importante tener en cuenta que la parcela tiene 21,67 ha pero solo 20 ha permanecen con almendros ya que hay zonas de la parcela que no se ha podido plantar ya que se han tenido que realizar pasillos de paso, por lo que los costes de producción variarán en superficie en función de si las actividades llevadas a cabo son de preparación del terreno o de manejo de la plantación

2.1. Materias primas

a) Nitrato amónico.

Sabiendo que el precio de mercado del nitrato amónico es de 0,37€/kg, procedemos a mostrar en la siguiente tabla la cantidad anual empleada y su respectivo coste.

NITRATO AMÓNICO (Kg/ha)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€/ha)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	12,4	12,1	23,5	17,8	11,8	-	-	-	-	-	28,71
AÑO 5	-	-	12,4	12,1	23,5	17,8	11,8	-	-	-	-	-	28,71
AÑO 6 /+	-	-	30,8	30,8	22	-	26,8	-	16,14	13,1	-	-	51,67

b) Acido fosfórico.

Sabiendo que el precio de mercado del ácido fosfórico es de 0,59 €/kg, procedemos a mostrar en la siguiente tabla la cantidad anual empleada y su respectivo coste.

ACIDO FOSFÓRICO (Kg/ha)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€/ha)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	11,6	-	-	11,7	-	-	10	-	-	-	19,64
AÑO 5	-	-	11,6	-	-	11,7	-	-	10	-	-	-	19,64
AÑO 6 /+	-	-	24	-	-	24	-	-	20,55	-	-	-	40,44

c) Nitrato potásico.

Sabiendo que el precio de mercado del nitrato potásico es de 0,49 €/kg, procedemos a mostrar en la siguiente tabla la cantidad anual empleada y su respectivo coste.

NITRATO POTÁSICO (Kg/ha)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€/ha)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	29	29,8	23,9	-	-	-	17,9	17,9	-	-	58,06
AÑO 5	-	-	29	29,8	23,9	-	-	-	17,9	17,9	-	-	58,06
AÑO 6 /+	-	-	58,7	58,7	46,9	-	-	-	27,4	35,2	-	-	111,18

d) Solución nitrogenada.

Sabiendo que el precio de mercado de la solución nitrogenada es de 0,25 €/kg, procedemos a mostrar en la siguiente tabla la cantidad anual empleada y su respectivo coste.

SOLUCIÓN NITROGENADA (Kg/ha)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€/ha)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	5	-	-	2,52
AÑO 5	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	5	-	-	2,52
AÑO 6 /+	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	-	-	10,5

e) Productos fitosanitarios.

En cuanto a los productos fitosanitarios no se hace un desglose en años ya que en principio utilizamos la misma cantidad a lo largo de todos los años de explotación de la plantación a partir del 4º año.
Estos productos son aplicados en 12 aplicaciones diferentes, tal como se indica en el Anejo de enfermedades.

PRODUCTOS FITOSANITARIOS			
	CANTIDAD TOTAL (LITROS)	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
ACEITE DE INVIERNO	120	5,2 €/LITRO	624
DIMETOATO 40%	40	7,8 €/LITRO	312
DELTAMETRINA 2,5%	20	25 €/LITRO	500
OXIDO DE COBRE 50%	280	9,4 €/LITRO	2632
CIPROCONAZOL	6	7,6 €/LITRO	45,6
CAPTAN	240	5,4 €/LITRO	1296
TIRAN 80%	120	5,78 €/LITRO	693,6
MANCOZEB	120	5,5 €/KG	660
OXICLORURO DE COBRE 50%	320	8,28 €/LITRO	2649,6
GLIFOSATO	13,3	6,9 €/LITRO	92

f) AGUA.

AGUA (M^3)														
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL	TOTAL (€)
AÑO 1	-	-	-	-	810	939	107	915	601	-	-	-	4342	191,05
AÑO 2	-	-	-	-	810	939	107	915	601	-	-	-	4342	191,05
AÑO 3	-	-	-	-	810	939	107	915	601	-	-	-	4342	191,05
AÑO 4	-	-	-	-	810	939	107	915	601	-	-	-	4342	191,05
AÑO 5	-	-	-	-	810	939	107	915	601	-	-	-	4342	191,05
AÑO 6 /+	-	-	-	-	810	939	107	915	601	-	-	-	4342	191,05

g) Plantas

Con el vivero de ha acordado un precio de 4 €/planta incluido el precio de los royalties.

PLANTAS (NÚMERO)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
AÑO 0	10380	-	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-	41920
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 6 /+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

h) Plásticos protectores.

El precio de los plásticos protectores ha sido de 0,25 €/unidad.

PLÁSTICOS PROTECTORES (NÚMERO)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
AÑO 0	10380	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	2620
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 6 /+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.2. MAQUINARIA

A continuación, se muestran los precios por unidad de superficie de diferentes tareas para posteriormente calcular su coste total:

- Subsulador: 50 €/ha
- Rulo: 40 €/ha
- Machacadora de piedras: 100 €/ha
- Plantadora: 250 €/ha

		SUPERFICIE TRABAJADA (HA)												
AÑO 0	MESES	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
	SUBSULADOR	21,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1083,5
	RULO	21,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	866,8
	MACHACADORA	21,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2167
	PLANTADORA	21,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5417,5

A continuación, para el resto de actividades, estas se desglosan por cada año de actividad.

a) Barra de herbicida.

Teniendo en cuenta que el coste de esta actividad es de 25 euros/hora, en función de las horas realizadas se estima el coste de dicha actividad.

BARRA DE HERBICIDA (HORAS)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	400
AÑO 5	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	400
AÑO 6 /+	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	400

b) Atomizador.

Teniendo en cuenta que el coste de esta actividad es de 30 euros/hora, en función de las horas realizadas se estima el coste de dicha actividad.

ATOMIZADOR (HORAS)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	10	10	20	30	30	-	-	-	-	-	-	-	3000
AÑO 5	10	10	20	30	30	-	-	-	-	-	-	-	3000
AÑO 6 /+	10	10	20	30	30	-	-	-	-	-	-	-	3000

c) Picadora.

Teniendo en cuenta que el coste de esta actividad es de 35 euros/hora, en función de las horas realizadas se estima el coste de dicha actividad.

PICADORA (HORAS)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
AÑO 1	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	420
AÑO 2	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	420
AÑO 3	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	420
AÑO 4	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	420
AÑO 5	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	420
AÑO 6 /+	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	420

d) Cosechadora.

Teniendo en cuenta que el coste de esta actividad es de 300€/ha se calculan los costes.
Este precio incluye los gastos de transporte de la máquina a la finca.

COSECHADORA (HA)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 4	-	-	-	-	-	-	-	-	21,67	-	-	-	6501
AÑO 5	-	-	-	-	-	-	-	-	21,67	-	-	-	6501
AÑO 6 /+	-	-	-	-	-	-	-	-	21,67	-	-	-	6501

2.3. Mano de obra

En cuanto al tema de trabajadores presentes en la explotación, ya se ha mencionado que existen dos tipos de trabajadores:

- Operario especializado: Se trata del promotor de la obra y se dedicará a realizar todas las actividades excepto la poda.
  Dicho trabajador esta dado de alta como autónomo y percibe un sueldo en función de las horas trabajadas a parte del beneficio empresarial que percibe por la explotación de su plantación.
- Peón eventual: Se trata de una cuadrilla contratada por horas en la época de poda. La cuadrilla la componen 3 peones y el coste de esta cuadrilla variará en función del tipo de poda llevada a cabo.

En la siguiente tabla se detallan la actividad desempeñada por cada operario.

a) Operario especializado.

Como ya se ha mencionado anteriormente, dicho operario cobra por horas y el precio que percibe por cada una de ellas es de 10 €/hora, teniendo en cuenta que además paga su cuota de autónomo. Dicho operario realizara 100 horas más al año dedicadas al control de riegos, seguimiento de plagas, mantenimiento de maquinaria, etc.

OPERARIO ESPECIALIZADO		
	TOTAL (HORAS)	TOTAL (€)
AÑO 0	90	900
AÑO 1	112	1120
AÑO 2	112	1120
AÑO 3	112	1120
AÑO 4	228	2280
AÑO 5	228	2280
AÑO 6 /+	228	2280

b) Peones eventuales.

Como ya se ha mencionado anteriormente, dicha cuadrilla de poda cobran por horas y el precio que percibe por cada uno de ellas es de 13 €/hora, teniendo en cuenta que ellos aportan su propia maquinaria. En el siguiente cuadro se muestra el coste total de la cuadrilla.

3 PEONES EVENTUALES (HORAS)													
	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL (€)
AÑO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AÑO 2	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	120	2600
AÑO 3	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	120	2600
AÑO 4	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	120	2600
AÑO 5	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	120	2600
AÑO 6 /+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	160	2080

3. Costes del proceso productivo

Para el análisis de costes durante el proceso productivo se han tomado ciertos criterios con el fin de realizar un análisis lo más exacto posible.
En cuanto al control de costes actividades agrícolas, tanto aquellas que contrata el promotor como aquellas que realiza el mismo con su propia maquinaria, se les ha asignado un coste donde se contempla tanto las amortizaciones de maquinaria como el coste de gasoil.
Por otro lado, para los costes de materias primas, se les ha asignado su precio de mercado y este será el coste de las mismas.
Además de estos costes también se ha tenido en cuenta los costes de la cuota de autónomo del trabajador y gastos anuales de la red de riego como son el canon de agua y gastos de comunidad de regantes, los cuales se han incluido en el apartado de gastos extraordinarios.

3.1. Año 0

MATERIAS PRIMAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
PLANTAS	4	10380	41520
PROTECTORES	0,25	10380	2595

ACTIVIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
SUBSULADOR	50	21,67	1083,5
RULO	40	21,67	866,8
MACHACAR PIEDRAS	100	21,67	2167
PLANTADORA	250	21,67	5417,5

MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
OPERARIO ESPECIALIZADO	10	90	900

GASTOS EXTRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
ROPA DE TRABAJO (GUANTES, CASCO, MASCARILLA, ETC)	500	1	500
CUOTA AUTÓNOMO (OPERARIO ESP.)	189,00	1	189,00
MAQUINARIA ADQUIRIDA	13334	1	13334

De tal modo que obtenemos un total de gasto de 68509,8 € durante el primer año, lo que equivale a un coste de 3161,5 €/ha.

3.2. Año 1

MATERIAS PRIMAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
AGUA	4,4	4342	191,048
PLANTAS	4	100	400

ACTIVIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
PICADORA	35	12	420

MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
OPERARIO ESPECIALIZADO	10	112	1120

GASTOS EXTRA		PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
CUOTA AUTÓNOMO (OPERARIO ESP.)		189,00	12	2268
GASTOS COMUNIDAD REGANTES Y CANON DE RIEGO	CANON DE RIEGO + ALFARDA	95	21,67	2058,65
	RED GENERAL	192	21,67	4160,64

De tal modo que obtenemos un total de gasto de 10618,338 € durante el primer año, lo que equivale a un coste de 490 €/ha.

3.3. Año 2

MATERIAS PRIMAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
AGUA	4,4	4342	191,048

ACTIVIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
PICADORA	35	12	420

MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
OPERARIO ESPECIALIZADO	10	112	1120
3 PEONES EVENTUALES	13	200	2600

GASTOS EXTRA		PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
CUOTA AUTÓNOMO (OPERARIO ESP.)		189,00	12	2268
GASTOS COMUNIDAD REGANTES Y CANON DE RIEGO	CANON DE RIEGO + ALFARDA	95	21,67	2058,65
	RED GENERAL	192	21,67	4160,64

De tal modo que obtenemos un total de gasto de 12818,34 € durante el segundo año, lo que equivale a un coste de 591,52 €/ha.

3.4. Año 3

MATERIAS PRIMAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
AGUA	4,4	4342	191,048

ACTIVIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
PICADORA	35	12	420

MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
OPERARIO ESPECIALIZADO	10	112	1120
3 PEONES EVENTUALES	13	200	2600

GASTOS EXTRA		PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
CUOTA AUTÓNOMO (OPERARIO ESP.)		189,00	12	2268
GASTOS COMUNIDAD REGANTES Y CANON DE RIEGO	CANON DE RIEGO + ALFARDA	95	21,67	2058,65
	RED GENERAL	192	21,67	4160,64

De tal modo que obtenemos un total de gasto de 12818,34 € durante el tercer año, lo que equivale a un coste de 591,52 €/ha.

3.5. Año 4

MATERIAS PRIMAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
NITRATO AMÓNICO	0,37	1551,89	574,2
ACIDO FOSFÓRICO	0,59	665,76	392,8
NITRATO POTÁSICO	0,49	2369,79	1161,2
SOLUCIÓN NITROGENADA	0,25	202	50,5
ACEITE DE INVIERNO	5,2	120	624
DIMETOATO	7,8	40	312
DELTAMETRINA	25	20	500
OXIDO DE COBRE	9,4	280	2632
CIPROCONAZOL	7,6	6	45,6
CAPTAN	5,4	240	1296
TIRAN	5,78	120	693,6
MANCOZEB	5,5	120	660
OXICLORURO DE COBRE	8,28	320	2649,6
GLIFOSATO	6,9	13,3	92
AGUA	4,4	4342	191,048

ACTIVIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
PICADORA	35	12	420
BARRA DE HERBICIDA	25	16	400
ATOMIZADOR	30	100	3000
COSECHADORA	300	21,67	6501

MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
OPERARIO ESPECIALIZADO	10	228	2280
3 PEONES EVENTUALES	13	200	2600

GASTOS EXTRA		PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
CUOTA AUTÓNOMO (OPERARIO ESP.)		189,00	12	2268
GASTOS COMUNIDAD REGANTES Y CANON DE RIEGO	CANON DE RIEGO + ALFARDA	95	21,67	2058,65
	RED GENERAL	192	21,67	4160,64

De tal modo que obtenemos un total de gasto de 35562,84 € durante el cuarto año, lo que equivale a un coste de 1778,14 €/ha

3.6. Año 5

MATERIAS PRIMAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
NITRATO AMÓNICO	0,37	1551,89	574,2
ACIDO FOSFÓRICO	0,59	665,76	392,8
NITRATO POTÁSICO	0,49	2369,79	1161,2
SOLUCIÓN NITROGENADA	0,25	202	50,5
ACEITE DE INVIERNO	5,2	120	624
DIMETOATO	7,8	40	312
DELTAMETRINA	25	20	500
OXIDO DE COBRE	9,4	280	2632
CIPROCONAZOL	7,6	6	45,6
CAPTAN	5,4	240	1296
TIRAN	5,78	120	693,6
MANCOZEB	5,5	120	660
OXICLORURO DE COBRE	8,28	320	2649,6
GLIFOSATO	6,9	13,3	92
AGUA	4,4	4342	191,048

ACTIVIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
PICADORA	35	12	420
BARRA DE HERBICIDA	25	16	400
ATOMIZADOR	30	100	3000
COSECHADORA	300	21,67	6501

MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
OPERARIO ESPECIALIZADO	10	228	2280
3 PEONES EVENTUALES	13	200	2600

GASTOS EXTRA		PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
CUOTA AUTÓNOMO (OPERARIO ESP.)		189,00	12	2268
GASTOS COMUNIDAD REGANTES Y CANON DE RIEGO	CANON DE RIEGO + ALFARDA	95	21,67	2058,65
	RED GENERAL	192	21,67	4160,64

De tal modo que obtenemos un total de gasto de 35562,83 € durante el quinto año, lo que equivale a un coste de 1778,14 €/ha.

3.7. Año 6 y en adelante

MATERIAS PRIMAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
NITRATO AMÓNICO	0,37	2792,97	133,39
ACIDO FOSFÓRICO	0,59	1370,84	808,79
NITRATO POTÁSICO	0,49	4537,96	2223,6
SOLUCIÓN NITROGENADA	0,25	840	210
ACEITE DE INVIERNO	5,2	120	624
DIMETOATO	7,8	40	312
DELTAMETRINA	25	20	500
OXIDO DE COBRE	9,4	280	2632
CIPROCONAZOL	7,6	6	45,6
CAPTAN	5,4	240	1296
TIRAN	5,78	120	693,6
MANCOZEB	5,5	120	660
OXICLORURO DE COBRE	8,28	320	2649,6
GLIFOSATO	6,9	13,3	92
AGUA	4,4	4342	191,048

ACTIVIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
PICADORA	35	12	420
BARRA DE HERBICIDA	25	16	400
ATOMIZADOR	30	100	3000
COSECHADORA	300	21,67	6501

MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
OPERARIO ESPECIALIZADO	10	228	2280
3 PEONES EVENTUALES	13	160	2080

GASTOS EXTRA		PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
CUOTA AUTÓNOMO (OPERARIO ESP.)		189,00	12	2268
GASTOS COMUNIDAD REGANTES Y CANON DE RIEGO	CANON DE RIEGO + ALFARDA	95	21,67	2058,65
	RED GENERAL	192	21,67	4160,64

De tal modo que obtenemos un total de gasto de 36239,91 € durante el sexto año, lo que equivale a un coste de 1811,99 €/ha.

3.8. Costes totales del proceso productivo.

AÑO	COSTE ORDINARIO (€)	COSTE ORDINARIO (€/ha)
0	68509,8	3161,5
1	10618,338	490
2	12818,34	591,52
3	12818,34	591,52
4	35562,83	1778,14
5	35562,83	1778,14
6 en adelante	36239,91	1811,99

Anejo 14: Estudio económico

1. Introducción

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicamente, se determinarán varias variables económicas que reflejarán si la inversión es rentable.
De este modo se calculará:

- VAN (Valor actual neto): establece que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero.
- TIR (Tasa interna de rentabilidad): es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión sea igual a cero, dando las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año. Si el tipo de interés unitario que resulta del cálculo del TIR es mayor al tipo de interés, la inversión es rentable.
- Pay-Back (Plazo de recuperación): indica el tiempo, expresado en años, que tarda en recuperarse el pago de la inversión.

Para calcular estos índices, se considera una vida útil de la inversión de 20 años, sobre la cual se define la corriente de pagos y cobros de la plantación.

2. Situación actual

Actualmente, la parcela se dedica al cultivo de cereales principalmente, añadiendo alguna leguminosa en ciertas campañas a fin de realizar rotación de cultivo.
Debido a que dicha parcela dispone de red de abastecimiento de agua, el promotor ha decidió realizar una plantación de almendros para sacar mayor rentabilidad a dicha parcela.

3. Vida útil de la plantación

La vida útil de la plantación se ha estimado en 20 años y se puede dividir la vida útil de la misma en las siguientes etapas:

- Año 0: Implantación y puesta en marcha del proyecto.
- Año 1 a 3: Periodo de formación de los árboles donde se empieza a obtener producciones mínimas a finales de esta etapa.
- Año 4 a 5: Período en que la producción aumenta de forma progresiva cada año hasta alcanzar el potencial máximo a final de dicha etapa.

- Año 6 a 20: Plena producción.
- Año 21 a 23: Período en que la producción desciende.
- Año 24 a 25: Período en que la producción desciende notablemente hasta el punto que no es rentable seguir explotando la plantación y debe ser arrancada.

La plantación se arrancará el año 25, cuando comienza el período decreciente de la producción y los ingresos de la plantación decrecerían.

Para llegar a conocer esta vida útil de manera justificada nos guiáremos por unos criterios agronómicos y comerciales que se muestran en el siguiente esquema, donde:

- El punto A representa al punto en el que los beneficios obtenidos superan a los gastos iniciales y a partir del cual los gastos se mantienen más o menos constantes.
- El punto B en el que se produce la igualdad entre gastos y beneficios y en el que en teoría se produciría el arranque, pero se realizara antes, cuando se llegue al beneficio mínimo que corresponde con el punto C' de la grafica.

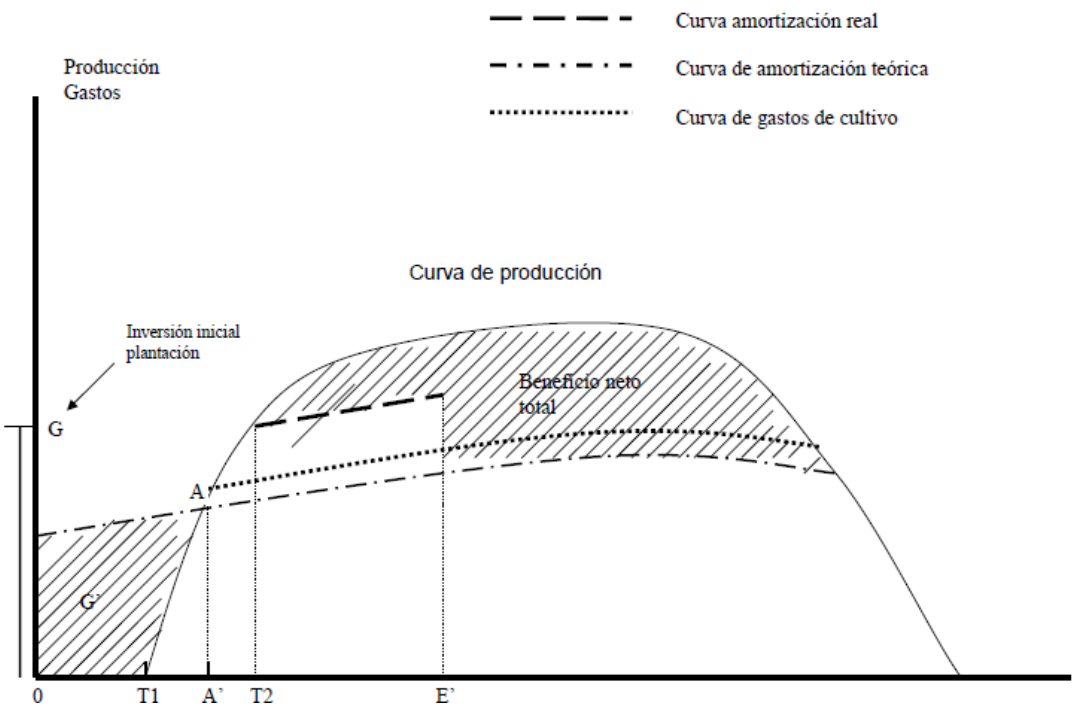


Ilustración 19. Vida útil de la plantación.

4. Costes de explotación

En los costes de explotación se diferencian dos tipos:

- Los costes ordinarios generados por el cultivo de los arbustos implantados.
- Los costes extraordinarios, debido a la renovación de alguno de los elementos de la inversión.

4.1. Costes ordinarios

Los costes ordinarios anuales en el año 0 representan los costes de inversión que engloban las tareas de preparación del terreno, ejecución del almacén, instalación del riego e implantación del cultivo. Los costes de inversión o pago de la inversión es el número de unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para que el proyecto se lleve a cabo.
Por otro lado, los costes ordinarios del año 1 en adelante representan los costes de explotación.
Los costes ordinarios del año 1 a 3 representan el periodo de formación de los árboles donde se empieza a obtener producciones mínimas a finales de esta etapa.
Los costes ordinarios del año 4 a 5 representa período en que la producción aumenta de forma progresiva cada año hasta alcanzar el potencial máximo a final de dicha etapa, de modo que ya se empezará con la recolección en esta etapa.
Los costes ordinarios del año 6 en adelante representan la etapa de plena producción.

A continuación se muestra un resumen de los costes ordinarios a lo largo de cada año:

AÑO	COSTE ORDINARIO (€)	COSTE ORDINARIO (€/ha)
0	141144,96	6513,38
1	10618,338	490
2	12818,34	591,52
3	12818,34	591,52
4	35562,83	1778,14
5	35562,83	1778,14
6 en adelante	36239,91	1811,99

Cabe destacar que el año 0 se genera un gran desembolso de dinero como consecuencia de la puesta en marcha de la plantación y posteriormente los costes van aumentando progresivamente a partir del año 1 hasta alcanzar unos costes estables cuando la plantación entra en plena producción.

4.2 Costes extraordinarios

Los costes extraordinarios a lo largo de la vida de la plantación se recogen en las siguientes tablas:

AÑO	MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (€)
AÑO 0	Maquinaria adquirida	13334	1	13334
AÑO 10	Boquillas atomizador	2,3	20	46
AÑO 10	Boquillas barra herbicida	1,8	2	3,6
AÑO 10	Ropa de trabajo	500	1	500

5. Ingresos de explotación

5.1. Ingresos ordinarios

Los ingresos ordinarios de la plantación provendrán de la venta de almendras, que serán vendidas a través de la Cooperativa Comarcal del Campo Virgen de la Corona.

La producción neta media que se establece para dicha plantación de la siguiente manera:

- La producción, durante el año 4 hasta el 6 y el año 24 se estima en 1000 kg almendra en cáscara/ha, lo que equivale aproximadamente a 330 kg de almendra en pepita/ha teniendo en cuenta un rendimiento del 30%.
- Cuando los almendros permanecen en plena producción esta es de 4500 kg almendra en cáscara/ha, lo que equivale aproximadamente a 1350 kg de almendra en pepita/ha teniendo en cuenta un rendimiento del 30%. Estas producciones pertenecen al año 6 al 20.

- La producción, durante el año 21 a 23 se estima en 3500 kg almendra en cáscara/ha, lo que equivale aproximadamente a 1050 kg de almendra en pepita/ha teniendo en cuenta un rendimiento del 30%.

Analizando el precio de la almendra en los últimos 10 años se llega a la conclusión de que el precio medio de venta será de 3,455 €/Kg en pepita. Hay que tener en cuenta que los precios actuales son muy elevados, pero cabe esperar que el mercado alcance precios de años anteriores como ya se ha mencionado en el Anejo de mercado de la almendra, por este modo dichos precios se han descartado para nuestro estudio.

En la siguiente tabla se muestra el precio de la almendra en diferentes campañas anteriores:

Año	Precio (€/Kg en pepita)
2001	2,25
2002	2,98
2003	2,82
2004	3,94
2005	5,55
2006	4,21
2007	3,77
2008	3,25
2009	2,77
2010	3,01

De modo que teniendo en cuenta lo comentado anteriormente, nuestros ingresos ordinarios se han representado en la siguiente tabla:

Ingresos ordinarios	
Periodo	**Precio** $(€/campaña)$
Año 4 a 6	20730
Año 6 a 20	93285
Año 21 a 23	72555
Año 24	20730

5.2. Ingresos extraordinarios

Los ingresos extraordinarios tienen su origen en la venta de los elementos de la plantación al cumplir su vida útil o al final de la vida de la plantación.
De modo que el promotor decide vender su atomizador y barra de herbicida una vez se alcance el final de la vida de la plantación y esta sea arrancada.

El valor residual de estos aperos se estima en un 40% de su valor de compra. Los ingresos adquiridos por estas ventas se recogen en la siguiente tabla:

Ingresos extraordinarios		
Elemento	Valor de compra (€)	Valor residual (€)
Atomizador	9767	976,7
Barra de herbicida	3567	356,7

Por lo que el total de los ingresos extraordinario que se percibirán en el Año 24 asciende a 1333,4 (€).

6. Estudio de rentabilidad de la inversión

6.1 Consideraciones previas

En este apartado se va a realizar un estudio de rentabilidad de dicho proyecto y para ello se van a tener en cuenta los siguientes factores:

- El presupuesto total de la inversión asciende a 117406,79 €, que engloba a las actividades como ejecución del almacén e implantación de la red de riego, preparación del terreno y la plantación propiamente dicha.
- Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos ya que no se tendrá en cuenta el factor que juega la inflación.
- Se considerará el valor residual de los elementos de la plantación, calculado anteriormente y que hace referencia a la venta del atomizador y barra de herbicida una vez que termine la vida útil de la plantación.
- El coste de mano de obra hace referencia al operario especializado contratado de manera fija y a la cuadrilla formada por 3 peones contratados temporalmente en la época de poda.
- La vida útil de la plantación se estima en 25 años.
- Se realiza el estudio, considerando que se obtiene un crédito de 80.000 € a 10 años y a un tipo de interés del 5% anual.
- El promotor recibe la ayuda de incorporación de Joven Agricultor y percibe 35000 € a fondo perdido dado a que cumple los requisitos para percibir la ayuda.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica.

6.2. Estudio de rentabilidad

Para comprender el estudio de rentabilidad que se va a llevar a cabo es fundamental conocer los parámetros que se van a citar a continuación:

- Flujo destruido: Valor numérico que corresponde a los ingresos percibidos antes de la ejecución del proyecto.
- Cobros ordinarios: Valor numérico que corresponde a los ingresos que conlleva la actividad de la explotación.
- Cobros extraordinarios: Valor numérico que corresponde a los ingresos extraordinarios.
- Pagos ordinarios: Valor numérico que corresponden a los costos que conlleva la plantación.
- Pagos extraordinarios: Valor numérico de los costos extraordinarios.
- Pagos financieros: Valor que corresponde a la suma del capital anual a devolver más los intereses correspondientes al capital por devolver.

Con estos datos, y mediante una hoja de cálculo, se calculan los flujos de caja que se originan cada año, teniendo en cuenta los cobros como los pagos que se originan de la plantación.

Anejo nº14: Estudio económico.

AÑO	COBRO ORDINARIO	COBRO EXTRAORDINARIO	COBRO FINANCIERO	PAGO ORDINARIO	PAGO EXTRAORDINARIO	PAGO FINANCIERO	PAGO INVERSIÓN	FLUJO DE CAJA ANUAL	FLUJO DE CAJA ACUMULADO
0			80000		13334		141144,96	-52521,04	-74478,96
1				10618,338		12000		-22618,33	-97097,3
2				12818,34		11600		-24418,34	-121515,64
3				12818,34		11200		-24018,34	-145533,97
4	20730			35562,83		10800		-25632,83	-171166,8
5	20730			35562,83		10400		-25232,83	-196399,6
6	93285			36239,91		10000		47045,09	-149354,55
7	93285			36239,91		9600		47445,09	-101909,45
8	93285			36239,91		9200		47845,09	-54064,37
9	93285			36239,91		8800		48245,09	-5819,28
10	93285			36239,91	549,6	8400		48095,49	42276,21
11	93285			36239,91				57045,09	99321,3
12	93285			36239,91				57045,09	156366,39
13	93285			36239,91				57045,09	213411,48
14	93285			36239,91				57045,09	270456,57
15	93285			36239,91				57045,09	327501,66
16	93285			36239,91				57045,09	384546,75
17	93285			36239,91				57045,09	441591,84
18	93285			36239,91				57045,09	498636,93
19	93285			36239,91				57045,09	555682,02
20	93285			36239,91				57045,09	612727,11
21	72555			36239,91				36315,09	649042,2
22	72555			36239,91				36315,09	685357,29
23	72555			36239,91				36315,09	721672,38
24	20730	5333,6		36239,91				-10176,31	763321,07

7. Estudio de los índices económico

7.1. VAN

El Valor Actual Neto, es un indicador de rentabilidad absoluta. Es el sumatorio de todos los flujos de caja ordinarios actualizados esperados, y determina el valor actualizado de todos los rendimientos generados por el proyecto. A mayor valor de VAN más rentable será la inversión.
La expresión de este indicador es:

VAN = $\sum_{j=0}^{n} \frac{Rj}{(1+r)^j}$

Donde:

- R_j es el flujo de caja originado por la inversión en el año j
- N es el número de años de vida útil de la inversión
- r es el tipo de actualización, para nuestro estudio consideramos r=5%.

Tras realizar los cálculos correspondientes con la hoja de cálculo, se obtiene un VAN de 152.716,02 **€.**

En general, cuando el VAN es mayor que cero, el proyecto es viable, es decir que la inversión es rentable y se puede acometer.

7.2. TIR

La Tasa Interna de Rentabilidad se conoce también con el nombre de tasa de retorno y se define como la tasa de actualización para que el VAN toma el valor de cero.
Su expresión es:

VAN = $\sum_{j=0}^{n} \frac{Rj}{(1+r')^j}$ = 0

Donde:

- VAN es el Valor Actual Neto, calculado para la inversión
- R_j es el flujo de caja originado por la inversión en el año j
- r´es la Tasa Interna de Rentabilidad, en tanto por uno.

El TIR obtenido es del 9 % que al ser superior al tipo de interés considerado (5%), nos indica que la inversión es rentable.

7.3. Pay-back

Se mide con este criterio el período de tiempo (h), expresado en años, que se espera transcurra desde el momento en que se inicia la inversión hasta que se verifique que la suma de los flujos de caja actualizados coincide con el pago de la inversión. Es, por tanto, el tiempo que tarda en recuperarse el pago de la inversión.
Para su cálculo se suman los flujos de caja, previamente actualizados, de los h años, en los que se verifica:

VAN = $\sum_{j=1}^{h} \frac{Rj}{(1+r)^i}$ ≥ esfuerzo inversor

Donde:

- h es el año que se denomina plazo de recuperación de la inversión o Pay-Back

Realizados los cálculos, se obtiene un plazo de recuperación de 12 años para esta inversión.

8. Análisis de sensibilidad

A continuación, se ha elaborado un estudio de sensibilidad para nuestra plantación en el periodo de plena producción (6º al 20º año) teniendo en cuanta una hipotética variación de un ± 20% de los gastos fijos e ingresos fijos.

	GASTOS FIJO	36.239,91	-20%	-10%		10%	20%
	ING. FIJO	93.285,00	2,76	3,11	3,46	3,8	4,15
	GANANCIA	57.045,09	74.628,00	83.956,50	93.285,00	102.613,50	111.942,00
GASTOS	-20%	28.991,93	45.636,07	54.964,57	64.293,07	73.621,57	82.950,07
	-10%	32.615,92	42.012,08	51.340,58	60.669,08	69.997,58	79.326,08
		36.239,91	38.388,09	47.716,59	57.045,09	66.373,59	75.702,09
	10%	39.863,90	34.764,10	44.092,60	53.421,10	62.749,60	72.078,10
	20%	43.487,89	31.140,11	40.468,61	49.797,11	59.125,61	68.454,11

Atendiendo al estudio económico global de la plantación, podemos observar que el flujo de caja acumulado previamente a la entrada en plena producción es de -196.399,6 €. De modo que las ganancias anuales en el periodo de plena producción (época en la cual se rentabiliza la inversión) han de ser considerables para poder amortizar la inversión lo antes posible y recaudar los máximos beneficios posibles al finalizar la vida útil del proyecto.

Con el estudio económico anteriormente llevado a cabo se había establecido un precio de venta de 3,455 €/kg en pepita, el cual, se trata de un precio bastante comedido para la situación actual del mercado y se espera que este precio pueda ser un 10% o incluso un 20% mayor durante la venta de nuestro producto. Por el contrario, los gastos fijos no creemos que oscilen en gran medida ya que el precio de venta de abonos, productos fitosanitarios y demás materias primas ha llevado una línea bastante plana en las últimas décadas.

Para asegurar la rentabilidad de nuestra plantación, se toma el criterio de disponer de unas ganancias netas anuales de 45.000€ como mínimo en el periodo de plena producción. De modo que en el anterior cuadro, las situaciones que no cumplen con esta hipótesis permanecen en fondo grisáceo.

Esto es debido a que realizando un balance económico, teniendo unas ganancias netas anuales de 45.000€, nuestros indicadores de rentabilidad serían los siguientes:

- VAN: 95.740,3€
- TIR: 7%
- Pay-back: 13 años

Esto es debido a que el inversor considera que si se realiza una inversión inicial de 141.144,96 €, al menos desea disponer de una TIR del 7% en dicho negocio, por lo que en los supuestos indicados en color gris no se estarían cumpliendo dichas premisas.

9. Conclusiones

De acuerdo con los valores que se han obtenido para los indicadores de rentabilidad analizados en la evaluación financiera de la inversión (VAN, Pay-back y TIR), se puede afirmar que el proyecto de inversión es rentable y resulta viable.

Algunos factores a destacar es que al tratarse de una plantación en régimen semi-intensivo hace que la entrada en producción sea temprana pero el desembolso inicial sea elevado dado a que el número de plantas por hectárea es alto.

Podemos concluir afirmando que el mayor factor en la rentabilidad del proyecto es el precio de venta de la almendra ya que dicho valor modifica completamente el estudio. Para el supuesto estudiado se toma el valor de 3,455 €/Kg de almendra en pepita. Considerando este precio como un valor aceptable debido a la buena situación del mercado, podemos afirmar la rentabilidad del proyecto.

Bibliografía

ARTÍCULOS DE REVISTA

Felipe, A. J. (2016). Sobre la variedad de almendro 'Guara'. *Revista de fruticultura*, (50), 6-13.

Vargas, F. J., Romero, M., Batlle, I., Rovira, M., Folch, J. R. G., Aroca, A. R., ... & Miarnau, X. (2010). El programa de mejora de variedades de almendro del IRTA. *Revista de fruticultura*, (10), 10-23.

Segura, J. M. A., Kodad, O., i Martí, A. F., & Felipe, A. J. (2010). Presente y futuro de la mejora del almendro del CITA de Aragón. *Revista de fruticultura*, (10), 24-35.

López-Higuera, F. D., & Egea, J. (2010). El programa de mejora del almendro del CEBAS-CSIC. *Revista de fruticultura*, (10), 36-43.

Cabetas, M. J. R. (2010). Patrones para el cultivo del almendro. *Revista de fruticultura*, (10), 44-55.

Romero, A., Vargas, F. J., Martí, J. T., i Cort, A. N., & Miarnau, X. (2010). Parámetros de calidad del fruto interesantes en la mejora genética del almendro. *Revista de fruticultura*, (10), 70-79.

Miarnau, X., Vargas, F. J., Montserrat, R., & Castellví, S. A. (2010). Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro en regadío. *Revista de fruticultura*, (10), 94-103.

Folch, J. R. G. (2010). Agua y nutrición en el almendro. Uso controlado y respetuoso con el medio. *Revista de fruticultura*, (10), 104-113.

Barrios, G., Mateu, J., & Aymamí, A. (2010). Gestión de plagas y enfermedades en el cultivo del almendro. *Revista de fruticultura*, (10), 114-123.

Caravaca, I. B., Aroca, A. R., i Cambra, M. R., i Prim, X. M., Alegre, S., Romero, M., & Vargas, F. J. (2016). El programa de mejora genética de almendro del IRTA. Cuarenta años: 1975-2015. *Revista de fruticultura*, (49), 16-31.

López-Higuera, F. D., Prudencio, A. S., Sánchez-Pérez, R., Caballero, J. E., & Gómez, P. M. (2016). La época de floración del almendro. *Revista de fruticultura*, (49), 32-41.

i Prim, X. M., Pomar, L. T., Caravaca, I. B., Aroca, A. R., i Cambra, M. R., & Castellví, S. A. (2016). Comportamiento agronómico y productivo de las nuevas variedades de almendro. *Revista de fruticultura*, (49), 42-59.

i Prim, X. M., Pomar, L. T., Caravaca, I. B., & Alegre, S. (2016). El cultivo del almendro en alta densidad. *Revista de fruticultura*, (49), 68-87.

Manzanares, M. L., Martín, M. V., Castillo, N. S., & Quilez, O. A. (2016). Criterios para la poda del almendro. *Revista de fruticultura*, (49), 88-101.

Carnicero, P., & Bornet, F. R. (2016). Riego del almendro: buscando la máxima productividad. *Revista de fruticultura*, (49), 112-117.

i Gomis, J. G. (2016). Estrategias de riego en almendro bajo diferentes escenarios de disponibilidades de agua en el Valle del Ebro. *Revista de fruticultura*, (49), 118-127.

i Sanroma, G. B., & Aymamí, A. (2016). El futuro de la sanidad vegetal del almendro. *Revista de fruticultura*, (49), 128-151.

Pomar, L. T., Caravaca, I. B., Alegre, S., & i Prim, X. M. (2016). Nuevas plagas y enfermedades emergentes, una amenaza para el cultivo del almendro en España. *Revista de fruticultura*, (49), 152-165.

de Pablo Valenciano, J., Azcárate, T. G., & Battistuzzi, M. A. G. (2016). Comercio internacional de almendras. *Revista de fruticultura*, (49), 190-209.

Castellví, S. A., i Prim, X. M., Romero, M. A. R., & García, F. J. V. (2007). Potencial productivo de seis variedades de almendro en condiciones de riego deficitario. *Fruticultura profesional*, (169), 23-29.

HOJAS DIVULGATIVAS

Felipe Mansergas, A. (2006). " Belona" y" Soleta", dos nuevos cultivares de almendro.

Vargas, F., Romero, M., Clavé, J., Alegre, S., & Miarnau, X. (2007). Variedades de almendro IRTA. *Dossier Tècnic, Generalitat de Catalunya*, *22*, 6-12.

Gómez Aparisi, J., Alonso Segura, J. M., Rubio Cabetas, M. J., & Kodad, O. (2009). Retos y perspectivas de los nuevos cultivares y patrones de almendro para un cultivo sostenible.

Segura, A., & Manuel, J. (2015). Posibilidades de las nuevas variedades de almendro.

Romero, D. L., & Pérez, E. J. C. (2006). *Poda y sistemas de formación en los frutales de hueso*. Consejería de Agricultura y Agua.

BUSCADORES ELECTRÓNICOS

i Gomis, J. G. (2006). La respuesta del cultivo del almendro al riego. *Vida rural*, (234), 12-16.

Sánchez, I. M. (2014). Estrategias de fertilización en el cultivo del almendro.*Vida rural*, (378), 46-50.

Gort, J. A. (2014). Síntomas, daños y métodos de control de la mancha ocre del almendro. *Vida rural*, (389), 28-32.

Manzanares, M. L., Castillo, N. S., Caro, B. C., Fernández, J. L., Mesa, A., Martín, M. V., & Quilez, O. A. (2015). Comportamiento de las principales variedades de almendro de floración tardía. *Vida rural*, (404), 58-68.

Sánchez, L. R., & Botía, C. P. (2005). Productos específicos para fertirrigación y acidificación de disoluciones de riego. *Vida rural*, (216), 28-34.

Ortega, E., Martínez-García, P. J., & Dicenta, F. (2006). Influence of self-pollination in fruit quality of autogamous almonds. *Scientia horticulturae*,*109*(3), 293-296.

Ortega, E., Dicenta, F., & Egea, J. (2007). Rain effect on pollen–stigma adhesion and fertilization in almond. *Scientia Horticulturae*, *112*(3), 345-348.

Valverde, M., Madrid, R., & Garcia, A. L. (2006). Effect of the irrigation regime, type of fertilization, and culture year on the physical properties of almond (cv. Guara). *Journal of food engineering*, *76*(4), 584-593.

Puerto, P., Domingo, R., Torres, R., Pérez-Pastor, A., & García-Riquelme, M. (2013). Remote management of deficit irrigation in almond trees based on maximum daily trunk shrinkage. Water relations and yield. *Agricultural water management*, *126*, 33-45.

Zhu, Y., Taylor, C., Sommer, K., Wilkinson, K., & Wirthensohn, M. (2015). Influence of deficit irrigation strategies on fatty acid and tocopherol concentration of almond (Prunus dulcis). *Food chemistry*, *173*, 821-826.

Phogat, V., Skewes, M. A., Mahadevan, M., & Cox, J. W. (2013). Evaluation of soil plant system response to pulsed drip irrigation of an almond tree under sustained stress conditions. *Agricultural water management*, *118*, 1-11.

Egea, G., Nortes, P. A., González-Real, M. M., Baille, A., & Domingo, R. (2010). Agronomic response and water productivity of almond trees under contrasted deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, *97*(1), 171-181.

Egea, G., González-Real, M. M., Baille, A., Nortes, P. A., Sánchez-Bel, P., & Domingo, R. (2009). The effects of contrasted deficit irrigation strategies on the fruit growth and kernel quality of mature almond trees. *Agricultural water management*, *96*(11), 1605-1614.

Girona, J., Mata, M., & Marsal, J. (2005). Regulated deficit irrigation during the kernel-filling period and optimal irrigation rates in almond. *Agricultural Water Management*, *75*(2), 152-167.

Salvatierra Bellido, B., Gómez Durán, E., & Viqueira Pina, S. (2016). Resultado de ensayo manejo del riego en el cultivo del almendro.

Báscones Merino, E. (2010). *Análisis de suelo y consejos de abonado*. 1st ed. [ebook] INEA. Available at: http://www.larioja.org/laboratorio-regional/es/enlaces-documentos-interes.ficheros/601570-518266_inea_interpretacion_suelos.pdf [Accessed 28 Dec. 2016].

Martín Gil, A. (2015). *Guía de gestión integrada de plagas*. 1st ed. [ebook] Madrid: Ministerio de agricultura, ganadería y medio ambiente., pp.25-41. Available at: http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiadealmendroweb_tcm7-400290.pdf [Accessed 28 Dec. 2016].

Vargas Pando, I. (2014). *El almendro, una nueva realidad frutícola.*. 1st ed. [ebook] Tarragona: ARBORETO S.A.T., LTDA Y CRISOL DE FRUTOS SECOS S.A.T. Available at: https://www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?uuid=1a4ca083-67d0-47c6-9ae8-6a33833e6864&groupId=10136 [Accessed 28 Dec. 2016].

Alonso, J. M., Espiau, M. T., & Ansón, J. M. Estimación de las necesidades en frío y en calor para la floración en el almendro mediante series temporales fenológico-climáticas.

Regante, O. (2017). *::: Oficina del Regante :::*. [online] Aplicaciones.aragon.es. Available at: http://aplicaciones.aragon.es/oresa/ [Accessed 6 Feb. 2017].

www.aragon.es, . (2017). *Bienvenida a IDEAragon IDEAragon*. [online] Idearagon.aragon.es. Available at: http://idearagon.aragon.es/ [Accessed 6 Feb. 2017].

Meteorología, A. (2017). *Datos climatológicos - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España*. [online] Aemet.es. Available at: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos [Accessed 6 Feb. 2017].

Chebro.es. (2017). *::: Portal de CHEbro :::*. [online] Available at: http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=34149&idMenu=4400 [Accessed 6 Feb. 2017].